CHONGMU JIEGOU SHEJI FANGFA YAODIAN JI SHILI

冲模结构设计方法、要点及实例

第2版

张正修 张旭起◎主编

- 从何处入手设计冲模？
- 用什么方法设计冲模？
- 为什么这样设计冲模？
- 这是本书要回答的三个问题。

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

冲模结构设计方法、要点及实例

第 2 版

张正修　张旭起　主编

机 械 工 业 出 版 社

本书从介绍各类冲模结构设计方法入手，以新的视角、丰富的实例，系统全面地介绍了冲模结构设计方法、要点及具体应用实例。全书内容包括冲模结构设计方法、冲裁模的结构设计、复合模与连续式复合模的结构设计、单工序弯曲模与多工位连续弯曲成形模的结构设计、拉深模的结构设计、翻边模的结构设计、板料的冲压成形及模具结构设计、楔传动冲模的结构设计。本书图文并茂，由浅入深，循序渐进，实用性强。

本书可供从事冲压工艺及冲模设计的技术人员使用，也可供相关专业的在校师生参考。

图书在版编目（CIP）数据

冲模结构设计方法、要点及实例/张正修，张旭起主编. —2 版. —北京：机械工业出版社，2014.4
ISBN 978-7-111-46118-0

Ⅰ.①冲… Ⅱ.①张…②张… Ⅲ.①冲模-结构设计 Ⅳ.①TG385.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 046576 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）
策划编辑：陈保华 责任编辑：陈保华
版式设计：霍永明 责任校对：任秀丽 胡艳萍
封面设计：陈 沛 责任印制：刘 岚
北京京丰印刷厂印刷
2014 年 5 月第 2 版·第 1 次印刷
184mm×260mm·34.75 印张·850 千字
0 001—3 000 册
标准书号：ISBN 978-7-111-46118-0
定价：89.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
电话服务
社服务中心：（010）88361066
销售一部：（010）68326294
销售二部：（010）88379649
读者购书热线：（010）88379203
策划编辑电话：（010）88379734
网络服务
教材网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952
封面无防伪标均为盗版

第 2 版前言

本书第 1 版出版后，曾有不少业界同仁、专家及在职教师与作者联系，提出了不少宝贵意见和建议。在此基础上，我们对本书第 1 版进行了适当的删改和补充。与第 1 版相比，第 2 版修订的主要内容如下：

1）错漏改正与补遗。

2）删除了图算各种类型旋转体拉深件展开平毛坯直径的列线图共计 26 幅。

3）增加了冲裁模主要零部件设计、各类冲模结构设计要点的提示。

4）优选推荐一些冲模的实用典型结构，以剖析应用实例为主线给予详细介绍。

冲模设计说到底，就是冲模的结构设计。现在冲模典型结构组合及冲模模架、冲模零部件，甚至各种模板都有标准与半标准规格及其尺寸系列，真正要进行非标准冲模的结构及其构成零部件的设计是很有限的；在设计过程中需要逐个对冲模构件进行强度计算的情况尤为罕见，主要是时间不允许，在现场进行冲模设计周期都很短，设计周期长了，制模就紧迫，其质量与交货期保证不了。因此，冲模零部件的尺寸与强度，多凭设计师的经验确定，不可能也不允许逐件进行强度计算。在现场每周设计 2～3 套冲模是正常情况，要求每天完成一套冲模设计是常有的事。有时，为抢占商机或争取客户，甚至上午给出冲压件图和工艺方案，晚班就要设计出模具图，立即投入制模。如果没有快速设计冲模的方法和熟练的冲模设计本领、丰富的冲模设计经验，就无法完成设计任务。为了适应这种状况，本书介绍了几种快速冲模设计方法，例如：套用仿照设计法、冲模的排样化快速设计、填空设计法等。

冲模的标准化、系列化、通用化（简称“三化”），实际上就是在对构成冲模零部件标准化、系列化、通用化的基础上，实现冲模工艺技术功能的通用化及冲模结构的典型化。在冲模零部件“三化”后，将常用冲模结构纳入相关标准，形成常用冲模典型结构的组合标准。这不仅使冲模专业化生产向前迈进了一大步，也为计算机辅助冲模设计（CAD）及计算机辅助冲模制造（CAM）创造了条件。希望本书在这方面可以有所作为，并可成为广大读者的良师益友。

本书第 2 版由张正修、张旭起主编，第 1、2 章由中联西北设计研究院的张正修编写，第 3、4、7、8 章由西安外事学院张旭起编写，第 5 章由西安黄河仪表有限公司王洋、贾建伟编写，第 6 章由西安黄河仪表有限公司赵向珍、李欠娃编写，第 9 章由莱芜精密机械制造公司的王湛、雷芬编写。参加本书稿整理工作的还有翁平、范金灵、柯必成等，在此一并表示谢意。

由于作者水平有限，错漏之处在所难免，恳请有关专家及广大读者不吝指正。

作　者

第 1 版前言

冲模设计，难在结构，因件而异，变化万千。设计安全、实用、先进、可靠的冲模结构，是现代冲压技术迅速发展的需要，也是以人为本、可持续发展、坚持科学发展观的要求。

冲模的结构设计是一项涉及面广、技术含量高、富于开拓与挑战、技术综合性和创造性都很强的设计工作。冲模结构设计的优劣，是确保冲压工艺实施并获取高质量冲压零件的关键；是确保操作安全、节能降耗、实现绿色制造的基础；是实现优质高产与冲压过程机械化与自动化的前提；也是拓宽冲压加工范围，广泛推行无切削加工的重要手段。编写本书的目的，不仅仅在于介绍一些冲模典型结构及其简捷设计方法，说明冲模结构设计的程序及重要性，更主要的是以各类普通全钢冲模的实用典型结构的设计为主线，开拓从事冲模设计人员的思路，培养独立掌握冲模结构设计的方法和能力，及时摆脱盲目照抄老结构的设计方法，做到参考而有创新，习旧而不照搬，从而举一反三，开拓创造，设计更多更巧妙的冲模结构。

如何设计冲模？用何法设计冲模？为何这样设计？这是本书要回答的三个问题。根据作者多年从事冲压工艺及冲模设计的经验与切身体会，通过各种冲模的实际设计范例、实用典型结构，分析了各种冲模的结构特色及设计要点。本书以典型结构实例为主线，论述了从何处入手进行冲模设计；介绍了用什么方法进行冲模设计；分析了为什么这样设计冲模而不那样设计。本书跳出资料汇编的编写模式，以新的视角、丰富的实例，系统全面地介绍了冲模结构设计方法、要点及具体应用实例。

在本书的编写过程中，作者得到了许多同行及有关专家的指导与鼓励，在此一并表示由衷的感谢！

本书由张正修主编。第一、二、四、七、九章由张正修编写，第三、六章由赵向珍编写，第五章由李欠娃编写，第八章由马新梅编写。

由于编者技术水平有限，且成书仓促，错漏之处在所难免，恳请读者及有关专家不吝指正。

作　者

目　录

第 2 版前言
第 1 版前言
第 1 章　绪论 …… 1
1.1　冲压加工及冲模的种类与选用 …… 1
1.1.1　冲压加工在制造业中的地位 …… 1
1.1.2　冲压加工的优势 …… 1
1.1.3　冲模的种类与选用 …… 2
1.2　各类冲模的结构特点及应用范围 …… 4
1.2.1　简易冲模的结构特点及应用范围 …… 4
1.2.2　通用冲模与组合冲模的结构特点及应用范围 …… 4
1.2.3　普通全钢冲模的结构类型及其制造与冲压精度 …… 9
1.2.4　精冲模的结构特点及精冲工艺水平 …… 10
1.3　冲压的基本工序及所用冲模的主体结构 …… 12
1.4　冲模结构设计简介 …… 17
1.4.1　冲模的结构 …… 17
1.4.2　冲模结构设计的任务 …… 19
1.4.3　冲模的设计程序及工作流程 …… 20
第 2 章　冲模结构设计方法 …… 26
2.1　冲模结构设计的前期准备 …… 26
2.1.1　注意平时技术资料的积累 …… 26
2.1.2　冲模结构设计应掌握的基本功 …… 27
2.1.3　设计前资料的准备 …… 27
2.1.4　利用计算机技术辅助冲模设计 …… 28
2.2　冲模结构设计方法简介 …… 28
2.2.1　套用仿照设计法 …… 29
2.2.2　选用典型组合标准设计法 …… 29
2.2.3　冲模的“三化”设计法 …… 29
2.2.4　冲模的排样化快速设计 …… 29
2.2.5　特殊冲模结构的常规设计方法 …… 30
2.2.6　嫁接设计法 …… 30
2.2.7　组合设计法 …… 30
2.2.8　比较选优设计法 …… 31
2.2.9　填空设计法 …… 31
2.2.10　计算机辅助冲模结构设计 …… 32
2.3　冲模结构的套用仿照设计 …… 32
2.3.1　寻找和选择套用仿照设计对象 …… 32
2.3.2　冲模结构的套用设计 …… 33
2.3.3　冲模结构的仿照设计 …… 34
2.3.4　冲模结构的套用仿照设计实例 …… 34
2.4　选用典型组合标准设计法 …… 41
2.4.1　相关标准中的典型结构组合 …… 41
2.4.2　设计步骤 …… 41
2.4.3　无导向固定卸料冲模结构设计 …… 44
2.4.4　固定卸料导板式冲模结构设计 …… 48
2.4.5　导柱模架固定卸料纵向或横向送料冲模结构设计 …… 55
2.5　用典型组合标准设计连续式复合模 …… 60
2.5.1　连续模及其结构特点 …… 60
2.5.2　连续模与连续式复合模的结构类型 …… 61
2.5.3　用典型组合标准设计连续式复合模 …… 62
2.6　冲模“三化”及其结构设计 …… 69
2.6.1　冲模设计、制造与修理的“三化” …… 70
2.6.2　冲模“三化”后的结构设计方法 …… 74
2.6.3　用企业冲模“三化”成套标准设计高精度冲模 …… 76
2.6.4　冲模“三化”后的成套企业标准应用与完善 …… 79
2.7　冲模的排样化快速设计 …… 88
2.7.1　排样化快速设计的实质 …… 88
2.7.2　排样化快速设计的一般程序 …… 88
2.7.3　冲模排样化快速设计实例 …… 89
第 3 章　冲裁模的结构设计 …… 94

3.1 冲裁加工及冲裁模类型 …… 94
3.1.1 冲裁加工的种类 …… 94
3.1.2 冲裁加工的工艺作业工序及特点 …… 94
3.1.3 冲裁模的结构类型 …… 95
3.2 单工序冲裁模结构特点及设计 …… 96
3.2.1 无导向装置的单工序冲裁模 …… 96
3.2.2 有导向装置的单工序冲裁模 …… 101
3.3 复合冲裁模结构特点及设计 …… 107
3.3.1 复合模与连续模的对比与选择 …… 107
3.3.2 复合冲裁模的结构形式 …… 107
3.3.3 复合冲裁模的结构选型 …… 110
3.3.4 复合冲裁模的模芯结构设计 …… 111
3.3.5 复合冲裁模的典型结构设计要点分析 …… 118
3.4 连续冲裁模的结构设计 …… 131
3.4.1 连续冲裁模结构类型及主要特点 …… 132
3.4.2 连续冲裁模冲裁件排样要点 …… 132
3.4.3 连续冲裁模冲裁件排样的类型及方法 …… 133
3.4.4 连续冲裁模的结构设计要点 …… 142
3.4.5 连续冲裁模典型结构设计分析 …… 148
3.5 高精度仪表零件的整修与光洁冲裁 …… 160
3.5.1 整修及落料—整修复合精冲 …… 160
3.5.2 复合冲裁—整修与光洁冲孔复合精冲 …… 161
3.5.3 薄料小零件的落料与整修复合精冲 …… 162
3.5.4 复合冲裁件的复合光洁冲裁 …… 163
3.5.5 机械压力机允许精冲料厚 …… 163
3.5.6 光洁冲裁及其连续模结构设计 …… 164
3.6 普通压力机上的简易精冲技术 …… 168
3.6.1 简易精冲的类型及主要技术特点 …… 168
3.6.2 采用简易精冲应注意的问题 …… 170
3.6.3 简易精冲技术及精冲模结构设计 …… 173
3.7 冲深孔及其模具设计 …… 184
3.7.1 冲孔工艺对比 …… 184
3.7.2 变形特点 …… 185
3.7.3 冲深孔模设计要点 …… 185
3.8 冲裁模主要工作零件的设计与选材 …… 189
3.8.1 冲裁模自然失效的原因和选材对策 …… 189
3.8.2 冲裁模主要工作零件的种类及其结构设计 …… 191
第4章 复合模与连续式复合模的结构设计 …… 201
4.1 复合模的结构类型及设计要点 …… 201
4.1.1 复合模与综合式复合模 …… 201
4.1.2 综合式复合模的结构类型及特点 …… 202
4.1.3 冲裁式复合模与综合式复合模的主要差别 …… 204
4.1.4 综合式复合模的结构设计要点 …… 205
4.2 综合式复合模典型结构设计 …… 212
4.2.1 仪表芯座高精度综合式复合模结构设计 …… 212
4.2.2 簧片高精度综合式复合模结构设计 …… 214
4.2.3 芯轴架高精度综合式复合模结构设计 …… 217
4.2.4 表盖四工步综合式复合模结构设计 …… 220
4.2.5 落料拉深综合式复合模结构设计对比 …… 221
4.3 综合式复合模典型结构实例 …… 222
4.3.1 顶盖倒装结构综合式复合模 …… 222
4.3.2 接片倒装结构综合式复合模 …… 223
4.3.3 外套顺装结构综合式复合模 …… 223
4.3.4 导电片顺装结构综合式复合模 …… 223
4.3.5 调节片顺装结构综合式复

合模 …… 225
4.4 连续式复合模的结构类型及设计要点 …… 227
4.4.1 连续式复合模与综合式复合模的比较 …… 228
4.4.2 连续式复合模的结构类型及特点 …… 228
4.4.3 连续式复合模的结构设计要点 …… 235
4.5 连续式复合模典型结构设计 …… 251
4.5.1 表芯支架连续式复合模结构设计 …… 251
4.5.2 定位盘连续式复合模结构设计 …… 253
4.5.3 机芯支架连续式复合模结构设计 …… 255
4.5.4 连接座多工位连续式复合模结构设计 …… 257
4.5.5 限位盖板连续式复合模结构设计 …… 261
4.6 连续式复合模典型结构实例 …… 263
4.6.1 支架三工位连续式复合模 …… 263
4.6.2 钮扣盖三工位连续式复合模 …… 263
4.6.3 角扣六工位一模三件连续式复合模 …… 266
4.6.4 接线头八工位连续式复合模 …… 268
4.6.5 芯套五工位连续式复合模 …… 269
4.6.6 夹板五工位连续式复合模 …… 270
4.7 一模成形多工位连续式复合模结构设计的提示 …… 272
4.7.1 沿边、搭边宽度值的确定 …… 272
4.7.2 载体的类型及设计 …… 275
4.7.3 设计多工位连续式复合模的注意事项 …… 283
第5章 单工序弯曲模与多工位连续弯曲成形模的结构设计 …… 284
5.1 单工序弯曲模结构类型及设计 …… 284
5.1.1 板料弯曲件的类型 …… 284
5.1.2 传统的板料弯曲件冲压工艺 …… 285
5.1.3 单工序弯曲模的类型 …… 286
5.1.4 典型结构实例分析及结构设计 …… 286
5.1.5 单工序弯曲模结构设计要点 …… 319
5.2 多工位连续弯曲成形模结构设计 …… 329
5.2.1 板料弯曲件的现代冲压工艺技术 …… 329
5.2.2 选择与设计板料弯曲件连续冲压一模成形的工艺过程 …… 333
5.2.3 典型弯曲件及其冲模结构 …… 334
5.3 单角弯曲件连续式复合模典型结构设计 …… 351
5.3.1 典型结构分析 …… 351
5.3.2 结构设计 …… 355
5.4 双角⌴形弯曲件连续式复合模典型结构设计 …… 357
5.4.1 双角⌴形弯曲件一模成形连续式复合模结构设计 …… 357
5.4.2 ⌴形弯曲件连续式复合模结构设计 …… 359
5.5 板料弯曲件的组合对称弯制一模成形 …… 368
5.5.1 传统弯曲工艺的问题及改进 …… 368
5.5.2 板料弯曲件组合对称弯曲的要求与条件 …… 369
5.5.3 组合对称弯曲件的冲模结构示例 …… 371
5.6 板料弯曲模结构设计的提示 …… 373
5.6.1 板料弯曲模结构设计要解决的难题 …… 373
5.6.2 确保弯曲件精度的冲模结构措施 …… 374
5.6.3 弯曲模结构选型的一些建议 …… 374
第6章 拉深模的结构设计 …… 375
6.1 板料的拉深成形 …… 375
6.1.1 板料拉深的特点 …… 375
6.1.2 拉深工艺的种类 …… 375
6.1.3 拉深件的类型 …… 378
6.2 拉深件的展开毛坯形状与尺寸 …… 380
6.2.1 板料拉深件展形毛坯的特点 …… 380
6.2.2 拉深件展开毛坯尺寸的计算 …… 380
6.2.3 任意旋转体拉深件表面积和

毛坯直径的确定 …… 389
6.3 拉深模的结构类型 …… 390
6.3.1 拉深模的分类 …… 390
6.3.2 不变薄拉深模典型结构形式 …… 392
6.4 拉深模结构的工艺要素及设计要点 …… 408
6.4.1 与拉深模结构相关的工艺要素 …… 408
6.4.2 不同拉深材料的拉深系数 …… 411
6.4.3 用压边圈拉深方法界定 …… 413
6.4.4 拉深次数及各次拉深直径的确定 …… 413
6.4.5 拉深模的工艺技术参数 …… 417
6.5 连续拉深模的结构设计 …… 419
6.5.1 连续拉深工艺的主要优势 …… 419
6.5.2 带料连续拉深的基本类型 …… 420
6.5.3 拉深工艺的选择 …… 423
6.5.4 工艺切口的类型及其选用 …… 424
6.5.5 连续拉深模结构设计的工艺要素 …… 426
6.5.6 连续拉深模典型结构 …… 429
6.6 拉深模结构设计的若干提示 …… 431
6.6.1 压边力的准确计算与合理调整 … 431
6.6.2 各种类型拉深件毛坯形状和毛坯尺寸确定方法 …… 432
6.6.3 加整形工序获得高精度拉深件 …… 435
6.6.4 拉深凸模要给出透(泄)气孔 …… 435
第 7 章 翻边模的结构设计 …… 436
7.1 翻边工艺的类型及特点 …… 436
7.1.1 翻边工艺的类型 …… 436
7.1.2 翻边工艺的特点 …… 436
7.2 翻边模结构设计的工艺要素 …… 437
7.2.1 翻边系数 …… 438
7.2.2 翻边类型及翻边工艺的确定 …… 440
7.2.3 圆孔翻边的工艺参数 …… 441
7.2.4 翻边拉深复合冲压的主要工艺参数 …… 442
7.2.5 翻边模结构设计中的工艺要点 …… 443
7.3 翻边模的种类及其实用结构形式 …… 445
7.3.1 单工序翻边模及翻边兼成形的单工位翻边复合模 …… 445
7.3.2 单工位冲孔翻边复合模 …… 448
7.3.3 多工位连续式翻边复合模 …… 452
7.4 薄板零件小螺纹底孔的翻边成形 …… 454
7.4.1 变薄翻边成形螺纹底孔的工艺参数 …… 455
7.4.2 变薄翻边的工艺计算 …… 457
7.4.3 小螺纹底孔翻边冲模结构设计的要点 …… 458
7.4.4 螺纹底孔翻边件连续模实用典型结构设计实例 …… 459
7.4.5 螺纹底孔翻边连续模制造中应注意的问题 …… 462
7.5 螺纹底孔冷锻成形新技术 …… 463
7.5.1 螺纹底孔的冷锻成形 …… 463
7.5.2 工艺参数的确定 …… 464
7.5.3 冷锻螺纹底孔模的结构设计 …… 465
7.6 翻边件多工位连续式复合模典型结构实例 …… 465
7.6.1 底板冲孔、翻边、落料三工位连续式复合模 …… 465
7.6.2 仪表视窗内外缘扳边成形连续式复合模 …… 467
7.6.3 连续板冲孔、翻边、落料连续式复合模 …… 468
7.6.4 法兰盘冲孔、翻边、落料连续式复合模 …… 469
7.7 翻边模及多工位翻边成形连续式复合模结构设计的一些提示 …… 470
7.7.1 采用弹压卸料导板式翻边成形模结构 …… 471
7.7.2 采用多工位连续式复合模结构 …… 472
7.7.3 仪表及电器元件的产品装配与组件连接翻边作业模具结构设计 …… 473
第 8 章 板料的冲压成形及模具结构设计 …… 475
8.1 板料的冲压成形工艺及种类 …… 475
8.1.1 板料的冲压成形工艺 …… 475
8.1.2 板料的冲压成形工艺种类 …… 475

8.2　胀形工艺及胀形模结构设计 …… 476
8.2.1　平板毛坯的胀形 …… 477
8.2.2　立体形拉深空心坯件胀形 …… 478
8.2.3　典型凸肚胀形零件的冲压工艺及胀形模结构 …… 479
8.3　缩口与扩口工艺及其模具结构设计 …… 488
8.3.1　缩口工艺类型及变形特点 …… 489
8.3.2　缩口成形的主要工艺参数 …… 489
8.3.3　扩口的变形程度及毛坯尺寸的计算 …… 492
8.3.4　缩口模与扩口模的结构设计 …… 493
8.4　校平与整形 …… 499
8.4.1　校平 …… 500
8.4.2　整形 …… 502
8.5　金属板料旋压成形及模具结构设计 …… 503
8.5.1　金属板料旋压成形的工艺特点 …… 503
8.5.2　旋压成形的基本类型 …… 503
8.5.3　旋压成形的工艺作业形式及类别 …… 503
8.5.4　旋压模具的结构设计及工艺参数选择 …… 504
第9章　楔传动冲模的结构设计 …… 507
9.1　冲模的横向冲压作业及楔的功能 …… 507
9.1.1　冲模的横向冲压动作及其应用 …… 507
9.1.2　冲模横向冲压结构的种类 …… 507
9.1.3　楔传动机构的功能及楔传动冲模的类型 …… 508
9.2　冲模用斜楔的基本类型与结构 …… 508
9.2.1　单作用驱动楔 …… 508
9.2.2　双作用驱动楔 …… 509
9.2.3　单向与多向动作固定楔 …… 510
9.3　楔传动机构的结构形式及其构成 …… 510
9.3.1　楔传动机构的基本结构形式 …… 510
9.3.2　各种楔传动机构的基本构成 …… 510
9.4　楔传动机构的设计及简化计算 …… 512
9.4.1　楔角度与楔滑块角度的确定 …… 513
9.4.2　楔及楔传动机构主要功能参数的计算 …… 515
9.4.3　楔及楔传动机构主要零件尺寸的确定 …… 516
9.5　用楔传动冲模在圆筒形拉深件侧壁上冲孔与切槽 …… 517
9.5.1　工艺对比 …… 517
9.5.2　加工零件工艺分析及工艺选择 …… 517
9.5.3　圆筒形薄壁空心件侧壁冲孔模结构及设计 …… 518
9.6　有横向冲压工位的连续式复合模结构设计 …… 522
9.6.1　斜角座连续式复合模结构设计 …… 522
9.6.2　芯壳全自动多工位连续式复合模结构设计 …… 527
9.6.3　变截面支架多工位连续式复合模结构设计 …… 530
9.6.4　吊架全自动楔传动连续式复合模结构设计 …… 534
9.6.5　仪表齿套楔传动连续式复合模结构设计 …… 537
9.6.6　表芯齿座楔传动送料与出件连续式复合模结构设计 …… 538
参考文献 …… 542

第 1 章　绪　　论

模具是成批和大量生产各种机电与家电产品必备的基础工艺装备，是进行少无切屑加工的主要工具，是制造业发展的前提。国内模具工业近年持续、稳定、高速的发展，支承并保证了国内制造业持续高速的发展。随着我国逐步发展成世界制造业中心和国际模具市场与制造基地，国内模具产业将获取更大的发展机遇和更广阔的发展空间。

据近年来汽车、开关电器、农机、仪器仪表、各类家电等制造行业的统计，已达到经济生产规模的产品，其生产所使用的模具中，65% 左右为冲模，20% 左右为塑料模，压铸模和锻模约占 5%，其他模具如陶瓷模、橡胶模、玻璃模等合计约占 10%。冲模所占比例最大，使用最广。这和板料冲压工艺在制造业中被广泛采用，以及现代冲压技术的不断创新与拓宽加工范围密切相关，也是板料冲压工艺独具的技术和经济优势所决定的。

1.1　冲压加工及冲模的种类与选用

1.1.1　冲压加工在制造业中的地位

冲压工艺作为机械制造业的主导工艺之一，在成批与大量生产的各种机电与家电产品中，占据重要的地位。随着我国国民经济持续、高速、稳定的发展，冲压工艺获得迅猛发展与空前普及。冲模则是实施现代冲压工艺技术，进行各种冲压工艺作业必备的工艺装备，需要量越来越大。从表 1-1 可以看出，现代冲压工艺技术在制造业中的重要性。

表 1-1　现代冲压工艺在几种制造业中的比例

序号	制造业类别	比例（%）			说明
		以质量计	以零件数计	以劳动量计	
1	汽车（轻型汽车、轿车）	50 ~ 70	60 ~ 75	25 ~ 30	每一新品轿车需冲模 1 万套左右
2	中小型电机	50 ~ 60	60 ~ 70	15 ~ 20	
3	电影放映机	20 ~ 35	45 ~ 55	15 ~ 25	16mm 移动式放映机
4	复印机	20 ~ 30	50 ~ 70	20 ~ 35	
5	热工（机械）仪表	15 ~ 30	45 ~ 70	20 ~ 30	压力表等
6	电工仪表、仪器	30 ~ 45	55 ~ 75	25 ~ 30	
7	汽车、拖拉机仪表	30 ~ 45	40 ~ 70	20 ~ 30	
8	燃气灶、炊具	85 ~ 95	90 ~ 95	80 ~ 90	
9	家电产品	60 ~ 75	45 ~ 65	25 ~ 35	空调、冰箱等

1.1.2　冲压加工的优势

成批与大量生产的各类机电与家电产品零部件及半成品坯件，都需要大量的、不同种类

的模具进行加工。其中，约 65% 的零件是用各种金属板、条、带、卷料，冲制成各种形状复杂、精度高、用其他加工方法无法完成的板料冲压零件，所使用的冲模种类繁多，结构各异而又千变万化。

由于冲压工艺技术的先进性和在技术经济上的优越性十分突出，故这种先进的无屑加工工艺，在金属加工及制造业的应用日益广泛，其技术上的发展与提升也十分迅速。

1. 冲压加工在技术上的优势

1）在压力机滑块上下往复地简单冲击下，使用冲模可以冲制其他加工方法难以制造的、形状复杂的冲压零件。

2）板料冲压零件质量轻，刚度大，承载能力强，长期使用不变形，耐候性好，是各类机电与家电产品结构轻型化，取代笨重的铸件、锻件及切削加工零部件的首选。

3）冲压零件的一致性好，互换性强，尺寸与几何精度高，一般只需局部切削加工，甚至不再进行切削加工，即可进入产品装配。

4）板料冲压过程中的冷作硬化效应，能大幅度地提高冲压零件冲切面的硬度、耐磨性，以及冲压零件的刚度，从而提高零件与产品使用寿命。

5）便于实现冲压过程的机械化、自动化及组建 CNC 连续作业生产线。当设计与使用自动冲模时，也可实现单机自动化作业。

6）现代冲压高技术的大力推广与实施，可对各种复杂形状冲压零件，用多工位连续模一模成形，实现安全生产，达到优质、高产、低消耗。

2. 冲压加工在经济上的优势

1）冲压是无屑加工，材料利用率高，一般材料利用率 η 可达 70% 以上，甚至 95% ~ 100% 。

2）生产率高。采用自动冲模进行自动冲压，以及用高速压力机高速自动冲压，生产率更高。以国产中小型机械压力机为例，公称压力为 400 ~ 1000kN，滑块行程次数为 200 ~ 600 次/min，一模一件，一次行程按一件计，则每班产量可达 28000 ~ 90000 件；高速压力机滑块行程次数高达 800 ~ 2000 次/min，每班产量可达 360000 ~ 900000 件。

3）操作简便，冲压工易培训。

4）冲压件生产成本低。

5）更适用于成批与大量生产，而且生产成本会更低。

由于冲压加工在技术、经济方面有上述巨大优势，故在以金属加工为主的机电与家电产品制造业中，广泛采用冲压加工技术。

1.1.3 冲模的种类与选用

按照冲模适用冲压零件生产性质（投产批量大小）、结构繁简及制模费用大小、冲压精度高低，可将冲模大致划分为如下几类：

1）制造经济的简易冲模，适用于新产品样试与批试。用新材料与新工艺及简易制模方法制造的经济的简易冲模，其制模工艺简便，制模周期短，造价低，但模具使用寿命也低。

2）万能通用冲模与组合冲模，适用于中小批量、多品种、低精度的冲压零件。万能通用冲模可一模多用；组合冲模是备有多种工作元件，按需要随时组合成各种冲模，将冲压零件分解成多工序，加工用多套组合冲模冲制。

3）普通全钢冲模，适用于成批与大量生产的各类冲压零件，是应用广泛的标准结构与非标准结构的全钢材质普通冲压用冲模。

4）精冲模，适用于各种精冲工艺。

5）大型、特种、高精度与高寿命冲模，适用于大量生产的汽车覆盖件、高精度硅钢片等。

通常在正常生产条件下，就板料冲压而言，模具费占冲压件生产成本的比例为15%～40%。模具费包括：模具制造费、刃磨与修理费、由于刃磨与修理模具等原因造成的停工损失费与运输包装等费用。由于这些费用除少量的停工损失费外，都是一个可以计算而相对不变的常数，在冲模使用寿命期以内，冲压零件产量越大，模具费占冲压零件生产成本的比例越来越小。在常年大量生产的冲压零件成本中，模具费仅占15%，甚至更小。而单件小批生产，模具费占其生产成本可达40%。因此，按冲压零件投产批量，即生产数量的多少，选用合适的冲模，可以达到降低冲压零件生产成本、压缩生产周期的效果。在新产品样试与批试阶段，所需冲压零件不仅品种多、数量少，大多仅几件、几十件，而且尺寸与形状还会有变化，选用各种简易冲模冲制，则更经济。对于产量很大的电表变压器铁心片、电机硅钢片等，总产量达数千万甚至几亿片的冲压零件，采用高寿命的硬质合金冲模更合算。表1-2所示为按冲压零件生产性质选用冲模类型，具有较好的参考价值。

表1-2 按冲压零件生产性质选用冲模类型

冲压零件的类别	冲压零件的生产性质					
	单件小批	小批小量	成批、中批	大批	大量	常年大量
	数量/件					
大型件（>500mm）	≤250	2500	25000	250000	2500000	>2500000
中型件（250～500mm）	≤500	5000	50000	500000	5000000	>5000000
小型件（<250mm）	≤1000	10000	100000	1000000	10000000	>10000000
推荐选用冲模						
冲模类型	各种简易冲模、组合冲模	组合冲模、寿命较高的简易冲模、结构简单的敞开式冲模	单工序冲模、导板式冲模、工位不多的简单结构连续模、复合模	多工位连续模、复合模及小型半自动冲模	用多工位连续模、硬质合金及其他高寿命冲模、自动冲模	用多工位连续模、硬质合金及其他高寿命冲模、自动冲模
生产方式	板裁条料或单个片料、半成品坯料，手工送料，分工序间断冲压	板裁条料或带料、单个坯料，手工送料，间断冲压	板裁条料、带料，手工送料	带料或卷料自动或半自动送料；用板裁条料手工送料也常用	用卷料自动送进，全自动冲压，建立多机联动专用生产线或多工位专用压力机自动冲压	用卷料自动送进，全自动冲压，建立多机联动专用生产线或多工位专用压力机自动冲压

（续）

冲压零件的类别	冲压零件的生产性质					
	单件小批	小批小量	成批、中批	大批	大量	常年大量
	冲压零件生产成本构成（%）					
材料费 C_Z	<30	40	50	60	70	80
加工费 C_G	≥30	25	20	15	10	>5
模具费 C_M	40	35	30	25	<20	<15
总生产成本 C_Σ	100	100	100	100	100	100

注：1. 表中数值适用于普通薄板冲压。
2. 材料费包括：板、条、带、卷料等原材料购置费；辅助生产材料费，如润滑剂、棉纱、防护包装材料等费用；生产能耗费，如电、水、压缩空气、蒸汽等费用。
3. 加工费包括：工人与技管人员工资、福利和固定资产折旧、车间经费等。
4. 模具费包括：模具制造费、刃磨与修理费、修模误工损失费等。
5. 模具选型得当，模具费会进一步降低。

1.2　各类冲模的结构特点及应用范围

1.2.1　简易冲模的结构特点及应用范围

为了将先进的板料冲压工艺扩展应用于单件小批生产中，在需要冲压零件品种多、数量有限、冲压零件图样随时都要不断改动的科研、新产品样试与批试工作中，推广使用制造经济的各种类型的简易冲模，可以大幅度降低冲模制造费用，显著缩短制模周期，冲压零件的交货期可以提前，为新品提前投放市场争取到时间和商机，从而获取巨大的经济效益与社会效益。简易冲模的种类、结构特点及适用范围见表 1-3。低熔点锌基合金冲模与常规普通全钢冲模经济效益比较见表 1-4。钢带冲模与常规普通全钢冲模经济效益的比较见表 1-5。薄板冲模与常规普通全钢冲模经济效益比较见表 1-6。可以看出，推广应用简易经济冲模在多品种、小批小量冲压零件生产中具有明显优势。

1.2.2　通用冲模与组合冲模的结构特点及应用范围

在单件小批生产中，采用多用途通用冲模，即在一套冲模上冲制多种孔径的孔，也可用一套冲裁模进行切边、裁角、落料不同尺寸的矩形与方形，以及带不同尺寸凸台与凹口的平板冲裁件，分工步组合冲切。这种通用冲模与普通全钢冲模结构及其零部件构成不同，其定位系统可调，冲孔凸、凹模元件可按冲孔直径更换；切角、切边及切凹口均用一对刃口，而仅调整冲模刃口位置与定位标识。这类多用途通用冲模可以有效减少冲模套数，用于多品种、单件小批生产各种平板冲裁件，十分经济。通用冲模与组合冲模的种类、结构特点及应用范围见表 1-7。组合冲模与常规普通全钢冲模的经济效益比较见表 1-8。

多用途、通用万能冲模，在板料冲压工作量较大的工厂使用很广泛。下面介绍几种最常用的通用万能冲模。

1. 通用剪切模

该模具为单边直线刃口，用于板料剪裁坯料、条带料切断，也可以剪边、切角，其剪切间隙可按剪切料厚 t 调整，是一种简单的多用途通用剪切模。

表 1-3　简易冲模的种类、结构特点及适用范围

简易冲模类型		结构形式		模具结构特点	适用冲压工序	加工范围	技术经济效果	备　注
Ⅰ	低熔点合金冲模	1	铋基低熔点合金冲模	采用铋 - 锡二元共晶合金，设置钢压边圈与凹模板，使用电加热管加热，用铸造法制模	拉深、压筋、弯曲等成形工序	大、中型成形件，$t \leqslant 1$mm	制模工时仅 4 ~ 6h，冲压零件成本低，质量可达钢模水平	t 为冲压零件料厚，下同
		2	锌基低熔点合金冲模	采用锌 - 铝 - 镁四元合金，铸造法制模	拉深、压筋、弯曲等成形工序	中小型成形件，$t \leqslant 1.5$mm	制模简单，制模周期短，费用小，冲压零件成本低	
		3	锌基低熔点合金冲模	采用锌 - 铝 - 镁四元合金，铸造法制模	冲孔、落料、切口、冲槽孔等	中小型冲裁件，$t < 3$mm	制模简单，制模周期短，费用小，冲压零件成本低	
Ⅱ	钢带冲模	4	常规式钢带冲模	凸、凹模刃口都用钢带制造，模体用硬木	冲孔、落料	$L \times B \geqslant 50$mm × 50mm，$t < 3$mm	与普通全钢冲模相比，节省模具钢 90%，节省制模工时 80%，制模成本节省 80%	L 和 B 分别为冲压零件的长与宽。钢带嵌入硬木作刃口
		5	切刀式钢带冲模	钢带嵌入硬木作刃口，钢带最佳刃口角为 45°，下模板用 2A12 厚度 20mm 的铝合金板	冲孔、落料	中小型冲裁件，$t < 1.2$mm	与普通全钢冲模相比，节省模具钢 90%，节省制模工时 80%，制模成本节省 80%	
		6	样板式钢带冲模	凸模用厚 20mm 钢板制造，凹模用钢带嵌入硬木制成	冲孔、落料	大尺寸冲裁件，$t < 6$mm	与普通全钢冲模相比，节省模具钢 90%，节省制模工时 80%，制模成本节省 80%	
Ⅲ	橡胶冲模	7	普通橡胶冲模	钢凸模，普通橡胶板作凹模，进行无凹模冲制	冲孔、落料	薄小尺寸冲裁件 $t < 0.2$mm	制模周期短，费用少，冲裁件成本低	冲裁件质量较差，精度低
		8	聚氨酯橡胶冲模	利用装在钢容框中的聚氨酯橡胶作凸模或凹模，容框与钢刃口有 0.5 ~ 1.5mm 间隙	冲孔、落料	薄小尺寸冲裁件 $t < 0.3$mm	凸、凹模不必修配间隙，制模简便，冲裁件成本低	
		9	聚氨酯橡胶冲裁模	聚氨酯凹模通用，配钢凸模，采用敞开成形法	成形（弯形）	中小尺寸弯曲成形件，$t < 2$mm	凸、凹模不必修配间隙，制模简便，弯曲件成本低	弯曲件回弹小，甚至无回弹
Ⅳ	薄板冲模	10	换装式薄板冲模	通用快换模架，模芯元件系列化，模板厚约 15mm，用斜楔或夹板固定装入模架	与普通全钢冲模相同	同全钢冲模	制模周期短，换装模芯方便，冲压零件成本低	装模芯、调校时间长，要求技术高，仅适用于较小尺寸冲压零件
		11	夹板式薄板冲模	凸、凹模用薄板制造，模芯装在用弹簧钢板制的开口夹板支架内	冲孔、落料	小尺寸冲裁件，$t < 2$mm	制模简便，周期短，冲裁件成本低	
		12	电磁式薄板冲模	凸、凹模用 8 ~ 15mm 厚钢板制造，模具安装在磁力模座上	冲孔、落料	小尺寸冲裁件，$t < 2$mm	制模容易，换模方便，生产成本低	
		13	通用薄板式冲模	模架通用，凹模用 0.5 ~ 0.8mm 薄钢板制成，多层重叠	冲孔、落料	小型复杂冲裁件，$t < 3$mm	制模方便，成本低，模具寿命稍高	

表 1-4　低熔点锌基合金冲模与常规普通全钢冲模经济效益比较

冲压零件编号	冲压零件材料	料厚 t/mm	比较项目与实际统计数据									
			寿命/千冲次				制模工时/h		模具成本（%）		耗用模具钢质量/kg	
			锌合金冲模		常规普通钢冲模		锌合金冲模	常规普通全钢冲模	锌合金冲模	常规普通全钢冲模	锌合金冲模	常规普通全钢冲模
			初始寿命	总寿命	初始寿命	总寿命						
1	12Cr18Ni9	0.5	1.6	15	30	300	85	175	10.8	100	10	35
2	45 钢	1.0	2.5	20	40	450	92	180	14	100	15	40
3	QBe2 青铜	0.15	5.5	60	60	800	85	200	12	100	10	30
4	Q235 钢	1.0	5.0	30	15	200	6	24	20	100	12	40
5	H62 黄铜	2.0	6.0	50	20	250	4	30	10.5	100	8	20
6	30 钢	1.0	6.5	35	30	300	70	160	36	100	14	35
7	H62 黄铜	3.0	3.5	38	20	250	50	140	26	100	13	32

注：1. 冲压零件全部为平板冲裁件。

2. 初始寿命是指新冲模在首次刃磨前的寿命。

表 1-5　钢带冲模与常规普通全钢冲模经济效益的比较

冲压零件编号	冲压零件材料	料厚 t/mm	比较项目与实际统计数据						备　注
			制模周期/d		耗用钢材质量/kg		模具质量/kg		
			常规普通全钢冲模	钢带冲模	常规普通全钢冲模	钢带冲模	常规普通全钢冲模	钢带冲模	
8	Q235 钢	2.5	7.5	3	15	1.3	45	12.8	冲压零件尺寸：长×宽=45mm×55mm
9	Q235 钢	2	16	4	85	1.6	48	14.2	
10	T3 纯铜	3	15	4	80	1.7	45	14.8	还可冲制更厚的纯铜板
11	Q235 钢	2.5	20	12	370	70	350	250	
12	纯铁	4	24	6	88	1.9	75	14.6	目前最厚冲压零件之一
13	30 钢	3	15	9	305	28	420	250	

注：1. 制模尽量采用标准零部件。

2. 硬木加工采用专用木工机床。

表 1-6　薄板冲模与常规普通全钢冲模经济效益比较

比较项目	模具类型	冲模结构类别		
		单工序落料模	连续冲裁模	复合冲裁模
凹模厚度/mm	常模普通全钢冲模	24	20	24
	薄板冲模	0.6	0.6	0.8
制造周期/d	常模普通全钢冲模	7.5～10	12～18	15～22
	薄板冲模	2～4	3～5	5～7
制造成本（%）	常模普通全钢冲模	100	100	100
	薄板冲模	20～25	17.5～24	18.5～25

注：1. 采用同一种平板冲裁件，在生产条件下比较。

2. 制造成本比较有不大的波动范围。

表 1-7　通用冲模与组合冲模的种类、结构特点及应用范围

冲模类型		结构形式		模具结构特点	适用冲压工序	加工范围	技术经济效果	备　注
Ⅰ	多用途通用冲模	1	通用冲孔模	结构型式较多。通用模架，凸、凹模可换；凹模多模孔，凸模可换；专用模架，凸模为快换结构	冲孔、圆片落料	孔径 ϕ1.5～ϕ30mm，$t<3$mm	冲模工作元件可以系列化，制模简便，冲孔质量好，成本低，使用广泛	可利用通用冲孔模冲制凹入圆角，圆弧；厚料冲深孔通用冲孔模；还可在管材、型材上冲深孔
		2	通用切边、切角、切半圆弧冲模	无导向敞开式结构；矩形落料刃口用于切边和切角；直角敞开刃口仅用于切角；半圆刃口可按需要设置	非封闭落料，剪截、切角、切边、切圆角与半圆弧	边长 $L\leqslant$100mm的直角及剪截，$t<1.5$mm	冲模结构简单，制造方便，成本低。在开关板制造中应用效益尤为显著	
		3	通用弯曲模	通用模架，可换凸、凹模结构；可换凸模，软凹模采用聚氨酯橡胶装入钢凹模容框的结构	弯曲，主要弯V、U形件	弯边长 $L\leqslant$100mm，$t<3$mm	冲模结构简单，制造费用小，冲弯工件质量好而成本低	软凹模限 $t<2$mm
Ⅱ	组合冲模	4	分解式组合冲模	采用通用切圆弧、冲孔、弯曲等8～12种一整套冲模，将复杂冲压零件按几何形状分解成多工序组合冲压	冲孔、落料，剪截、弯曲、拉深、成形等	中小型冲压零件，$t<3$mm	全套通用冲模均可重复使用，减少多品种冲压零件生产用冲模数量，大幅度降低冲压零件生产成本，冲模结构也较简单	
		5	积木式组合冲模	配备成系列的各种凸、凹模工作元件，按冲压零件分解冲压，临时组装冲模，类似组合夹具	冲孔、落料、弯曲、成形等	中小型冲压零件，$t<2$mm	工作元件可重复使用，并可按需要随时组装成各类冲模，一次投资稍大，常年用于多品种单件小批生产，冲压零件成本低	
		6	配套式组合冲模	用标准通用组合模架或快换模架，通用卸料、定位、支承元件及专用刃口件组装冲模	同常规普通钢冲模，如导柱模架复合模	小型精密冲压零件，$t<2$mm	制模周期短，适于中、小批生产，冲压零件质量好，精度高，成本低	

表 1-8　组合冲模与常规普通全钢冲模的经济效益比较

序号	对比项目	实际统计数据		备　注
		组合冲模（积木式与分解式）	常规普通全钢冲模	
1	冲压零件品种数/种	2423	2423	新产品冲压零件
2	使用模具数量/套	共计 30（积木式与分解式组合冲模混合使用）	共计 4707（单工序冲模 2264 套，连续与复合模 2443 套）	
3	计算模具单价/（元/套）	15000	单工序冲模 1500 五工位以下连续模 5000 三工步复合模 2500	2000—2003 年平均价
4	模具总价/万元	45	≈1300	
5	总共耗用钢材/t	10	120	
6	总耗制模工时/h	33000	781000	
7	新产品冲压零件生产周期/h	3 ~ 7	15 ~ 20	
8	冲压零件生产成本对比（%）	5 ~ 18	100	
9	生产适应性	多品种、小批量	专用冲模，大批大量	
10	生产品种可变性	方便、迅速	不可	
11	操作安全性	危险性大	危险性小	
12	冲压零件质量	一般	较好	

2. 通用直角边冲裁模

该冲模可以冲切不等边长的直角以及直角凸台与凹口，也可以利用直角凸模冲出 L 形、十字形、⌴形等多种平板冲裁件，是一种常用的多用途通用冲模。

3. 矩形落料与冲槽通用模

该冲模靠设置的矩形冲孔凸模，不仅可以分次冲切长短不等、宽窄各异的大小不同的矩形孔，还可切边、切角、落料矩形件，是一种冲切不同规格矩形槽孔及冲裁矩形坯料的通用矩形冲槽模。

4. 外圆弧冲切通用冲模

该冲模上装有多个不同尺寸半圆凸模及匹配的凹模，用于冲切不同直径的半圆弧、直角圆弧等。

5. 通用冲孔模

这种通用冲模结构形式较多。一种是采用通用快换模架，靠换冲孔凸模、凹模，随时改变冲孔形状与尺寸；另一种是冲模上装有多个冲不同孔径的圆孔工位供选用，同时备有一个或几个方形冲孔凸、凹模组合，因此可以冲制多种不同孔径的圆孔、长圆孔、方孔、矩形孔，是一种用途广泛的万能冲孔模。

6. 通用冲矩形孔与落料冲模

该冲模装有可调矩形边长的模孔，不仅可以冲制不等边长的矩形孔，落料各种规格的矩形冲裁件，还可以进行切边、切角、切直角口等多种作业，是一种常用的万能冲矩形孔与落料冲模。

7. 通用弯曲模

这种弯曲模也有弯 V 形、弯⌴形多种类型。一般简单的通用弯 V 形冲模是一个 V 形凸

模，配一个有多个不同开口和V形模腔深浅各异的、四面都有下模模腔的方形模块，随时按弯角大小及边长选用。⌊形弯模的模腔宽度可调。V形万能弯曲模也可弯曲单角L形、双角⌊形、⌋形以及⌋形、⌊形等弯曲件，使用很广。

8. 拉深、翻边成形通用模

这类通用模多数是快换通用模架，而模芯（凸、凹模）要按加工件尺寸随时更换。其通用程度远不及弯曲模和各种冲裁通用模。

随着上述万能通用模的不断充实与完善，其加工范围也不断拓宽。一种复杂形状的立体形冲压零件，按其展开毛坯图，分多个加工工序，可使用上述多套通用模，逐步冲压完成。由此慢慢演变为分解式冲压。当通用万能冲模达到8～12套以上时，可冲制各种形状的冲裁件、弯曲件与拉深件等。各种成形冲压用通用冲模的品种日趋齐全，也将上述成套通用万能冲模称为分解式组合冲模。

1.2.3 普通全钢冲模的结构类型及其制造与冲压精度

成批与大量生产各种类型、不同形状板料冲压零件所用的普通全钢冲模，按其结构形式和工艺技术功能，以及其冲压工序的组合方式、工位数，可分为表1-9所列各种类型。表1-9还列出了各种类型冲模的制造精度和在正常生产条件下的冲压精度。应该指出，关于冲模的标准统一命名，国内相关标准还未统一，表1-9所列分类与名称可供参考。

表1-9 普通全钢冲模的类型及其制造与冲压精度

普通全钢冲模的结构类型	制模精度		冲压精度		说明
	冲模制造精度IT	刃口、模腔表面粗糙度 Ra/μm	冲压零件尺寸精度IT	冲压零件几何精度（同轴度、位置度、对称度）/mm	
1. 单工序冲模（单冲模）	在压力机的一次行程中只完成一个冲压工序（步）的冲模				无导向敞开式冲裁模有用橡胶套在凸模上卸料，以及凹模刃口旁装卸料钩或卸料块卸料的多种形式
（1）分离（刃口类）冲模	在压力机上，用模具刃口使材料分离的冲模				
1）无导向敞开式冲裁模	12～14	1.6～0.8	<14	0.20～0.50	
2）无导向固定卸料冲裁模	10～12	1.6～0.8	<14	0.20～0.50	
3）固定卸料导板式冲裁模	9～10	0.8～0.4	11～12	0.10～0.15	
4）导柱模架固定卸料冲裁模	9～10	0.8～0.4	11～12	0.08～0.12	
5）导柱模架弹压卸料冲裁模	8～10	0.4～0.2	10～12	0.05～0.10	
（2）变形（成形类）冲模	在压力机上，用模具型腔使材料按模腔形状变形的冲模				大多为弯曲、拉深、卷边、压波、胀形、缩口、压印等成形翻边模，其他成形模较少
1）无导向敞开式成形模	12～14	0.8～0.4	<14	0.20～0.50	
2）无导向固定卸料成形模	11～13	0.8～0.4	13～14	0.20～0.50	
3）固定卸料导板式成形模	9～10	0.4～0.1	11～12	0.10～0.25	
4）导柱模架固定卸料成形模	9～10	0.4～0.1	11～12	0.10～0.20	
5）导柱模架弹压卸料成形模	8～10	0.4～0.1	10～12	0.05～0.12	

（续）

普通全钢冲模的结构类型	制模精度		冲压精度		说明
	冲模制造精度 IT	刃口、模腔表面粗糙度 Ra/μm	冲压零件尺寸精度 IT	冲压零件几何精度（同轴度、位置度、对称度）/mm	
2. 多工位连续模	在压力机的一次行程中，在模具的不同工位上完成数个冲压工步的冲模				连续模亦称级进模、跳步模、顺序模等，称连续模更符合实际，更科学一些
（1）多工位连续冲裁模	仅有冲孔、切口、落料等分离工步的连续模				
1）无导向固定卸料连续冲裁模	10 ~ 12	0. 8 ~ 0. 4	12 ~ 14	0. 20 ~ 0. 50	
2）固定卸料导板式连续冲裁模	9 ~ 10	0. 4 ~ 0. 2	11 ~ 12	0. 10 ~ 0. 25	
3）导柱模架固定卸料连续冲裁模	9 ~ 10	0. 4 ~ 0. 2	11 ~ 12	0. 10 ~ 0. 20	
4）导柱模架弹压卸料连续冲裁模	8 ~ 10	0. 4 ~ 0. 1	10 ~ 12	0. 08 ~ 0. 15	
5）导柱模架弹压卸料导板式连续冲裁模	7 ~ 9	0. 2 ~ 0. 1	9 ~ 11	0. 05 ~ 0. 12	
（2）多工位连续复合模	含有拉深或弯曲或其他成形工步及含复合冲压工位的连续模				考虑冲压动作的复合，也兼顾不同工位上工艺作业性质的复合而命名连续复合模
1）无导向固定卸料连续复合模	10 ~ 12	0. 8 ~ 0. 4	12 ~ 14	0. 20 ~ 0. 50	
2）导柱模架固定卸料连续复合模	9 ~ 10	0. 4 ~ 0. 1	11 ~ 12	0. 10 ~ 0. 20	
3）固定卸料导板式连续复合模	9 ~ 10	0. 4 ~ 0. 1	11 ~ 12	0. 10 ~ 0. 25	
4）导柱模架弹压卸料连续复合模	8 ~ 10	0. 4 ~ 0. 1	10 ~ 12	0. 08 ~ 0. 15	
5）导柱模架弹压卸料导板式连续复合模	7 ~ 9	0. 4 ~ 0. 1	9 ~ 11	0. 05 ~ 0. 15	
3. 单工位复合模（简称复合模）	在压机力的一次行程中，在模具的同一工位上完成两个以上工步的冲模				参照 VDI 及相关 DIN 标准划分
（1）冲裁式复合模（复合冲裁模）	7 ~ 8	0. 2 ~ 0. 1	9 ~ 10	0. 05 ~ 0. 10	
（2）综合式复合模（含拉深或翻边等成形工步）	8 ~ 9	0. 4 ~ 0. 1	10 ~ 11	0. 05 ~ 0. 15	

1. 2. 4　精冲模的结构特点及精冲工艺水平

精冲工艺类型很多，不同的精冲工艺要使用不同类型的精冲模。各种精冲工艺所用精冲模的类型、结构特点及主要工艺参数见表 1-10。精冲零件与普通冲压零件生产成本比较见表 1-11。

表 1-10　精冲模的类型、结构特点及主要工艺参数

序号	精冲工艺类别	精冲工艺名称	精冲模名称	精冲模结构特点	精冲（件）工艺水平	说　　明
1	用普通压力机的精冲工艺	使用普通压力机，采用非标准特殊结构专用冲模，对普通冲裁毛坯冲切面进行整修或直接对板料进行光洁冲裁，以获取光洁、平直的冲切面，取代切削加工				
(1)		整修	用高精度导柱模架、单边间隙 $C=(0.05\sim0.1)\%t$、锋利刃口的整修模，冲切普通冲裁毛坯，获取光洁、平直的冲切面			整修亦称修边，类似切削加工
1）			外缘整修模	多为导柱模架单工序专用整修模，设有强力压料（卸料）板及可靠定位系统，模具承载大、整体刚度好	尺寸精度可达 IT6～IT9，冲切表面粗糙度 $Ra\geqslant0.4\mu m$	
2）			内孔整修模			
3）			叠料整修模			
4）			振动整修模			
(2)		光洁冲裁	用高精度、微间隙或负间隙、圆角刃口或台阶式多层刃口冲模，冲裁板料获取光洁、平直冲切面的冲压零件			
1）			圆角刃口光洁冲裁模	多用加厚模座高精度模架，采用强力压料板兼卸料板，落料凹模洞口为直壁，刃口有 $R0.1\sim R0.2$mm 小圆角，定位系统精度高	尺寸精度可达 IT8～IT10，冲切表面粗糙度 $Ra\geqslant0.4\mu m$	
2）			负间隙光洁冲裁模			
3）			台阶式凸模精冲孔模			
4）			无毛刺冲裁模			
5）			挤压光洁冲裁模			
(3)		简易精冲	在普通压力机上用液压模架或三动特殊结构冲模实施强力压板、对向凹模等精冲法，精冲小型精冲件			在无专用精冲机时采用的简易精冲法
1）			强力压板精冲模	模具结构复杂，制造技术要求高。液压模架要配液压装置	尺寸精度 IT7～IT10，冲切表面粗糙度 $Ra>0.8\mu m$	
2）			对向凹模精冲模			
3）			杆料精密剪断模			
2	用专用精冲机的精冲工艺	已推广普及的精冲法都在专用精冲机上实施，采用精冲工艺专用的特殊结构精冲模，实施特定的精冲方法，精冲各种板料及不同形状的高精度冲压零件				
(1)		强力压板精冲（FB）	用不同结构形状的强力压料板与下部反顶压板，夹紧板料，以 $\leqslant0.5\%t$ 的微小精冲间隙实施精密冲裁			
1）			用V形齿圈的强力压板精冲模	模架承载大，刚度好，导向精度高，强力压板与反顶压板强度大，承载不变形；落料凹模为直壁刃口，带 $R0.1$mm 小圆角	尺寸精度可达 IT6～IT9，冲切表面粗糙度 $Ra>0.2\mu m$，有塌角和毛刺	带V形齿圈的强力压板精冲已广泛用于生产
2）			用锯齿形强力压板精冲模			
3）			用锥形强力压板精冲模			
4）			用平的或带凸台强力压板精冲模			
(2)		对向凹模精冲（OD）	利用平面切削原理，采用上下对应的成对凸模与凹模，按规定程序分次冲切。凹模刃口有小圆角，采用 0.01～0.03mm 冲切间隙，可冲切硬脆材料，使用专用精冲机			此工艺为日本发明并用于生产，国内未推广应用
(3)		往复精冲	在一个精冲过程中，有多次往复运动，亦采用专用精冲机			未推广用于生产
(4)		杆料精密剪切	有多种精密剪切工艺，轴向加压剪切质量最好，径向加压工艺使用广泛。其精密剪切模结构大同小异，多为环状刃口			

表 1-11　精冲零件与普通冲压零件生产成本比较

序号	生产成本构成项目比较	普通冲压		精　密　冲　裁	
		日本	中国	带 V 形齿圈的强边压边精冲（FB）	对向凹模精冲（OD）
1	材料费 C_Z	50% ~90%	40% ~80%	30% ~99%	30% ~90%
2	加工费 C_G	30% ~7%	25% ~5%	23% ~3%	25% ~5%
3	模具费 C_M	20% ~3%	35% ~15%	47% ~7%	45% ~5%
4	总生产成本 C_Σ	100%	100%	100%	100%

注：1. 表中除普通冲压（中国的）一栏数据外，其余全部数据取自日本有关协会统计资料，可供参考。
2. 表中同一栏中前边数据为小批生产，后边数据为大批大量生产。

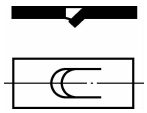
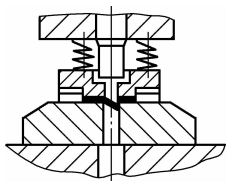
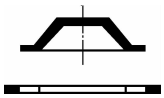
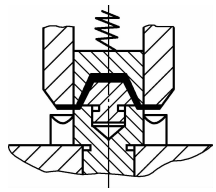
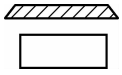
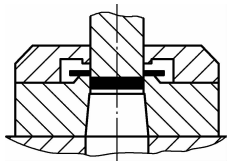
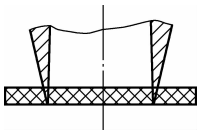
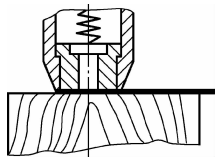
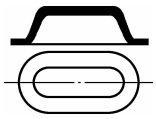
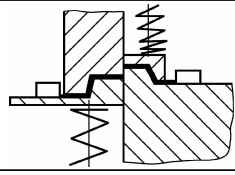
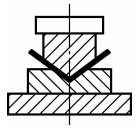
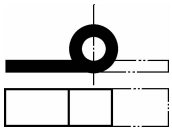
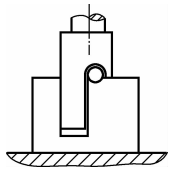
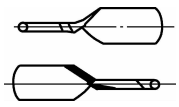
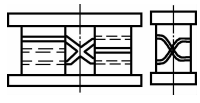
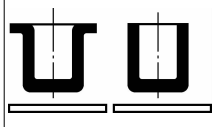
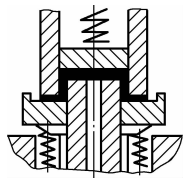
1.3　冲压的基本工序及所用冲模的主体结构

表 1-12 所列冲压基本工序的分类、特征及所用的模具，是指金属板料在常温下用普通全钢冲模冲压的基本工艺工序类型，以及在成批和大量生产时通常所使用的冲模结构形式。对于多品种、中小批量，以及单件、小批生产用的各类制造经济的简易冲模、万能通用冲模等均未列入表中；一些用于高精度、高寿命和高效率冲压的模具，也不在其中。但这些冲模也是板料冲压生产中使用的冲模类型。其结构形式大多源于普通全钢冲模或由此派生演变而来。

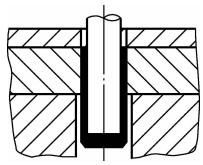
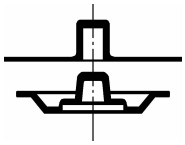
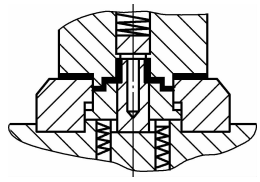
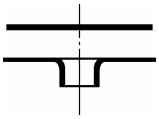
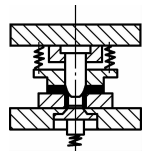
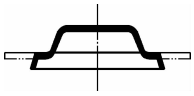
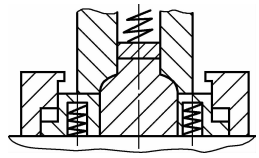
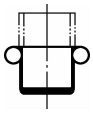
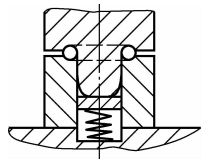
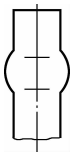
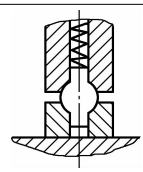
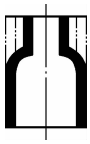
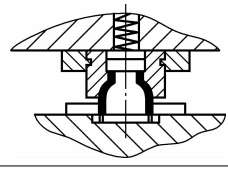
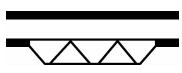
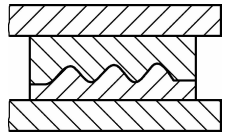
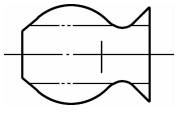
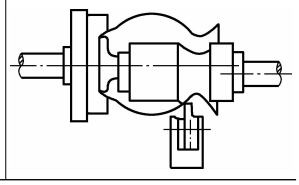
表 1-12　冷冲压基本工序的分类、特征及所用的模具

工序	序号	组别	变形方式	变形过程简图	工作性质与特征	所用模具名称	模具结构简图
分离工序	1	剪切	剪切		用剪刃或模具，切断条料或板料，使其沿不封闭周边分离	剪刃切断模、剪切模	
	2	冲裁	剪截		冲掉局部条料使其沿不封闭周边分离，冲掉部分为废料	剪截模	
	3		冲裁（冲口）		在毛坯或半成品的周边上冲口，冲去的部分为废料	冲口模	
	4		落料		使材料或毛坯沿封闭周边分离，冲掉部分是工件。在仪表及精密机械制造中，还常用到精密冲裁	冲裁模（落料模）、精冲模	
	5		冲孔		在毛坯或半成品内部冲孔，冲掉部分是废料。其中包括冲深孔、精冲孔等	冲孔模、精冲孔模	

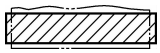
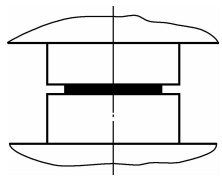
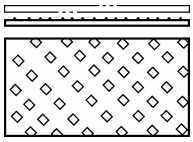
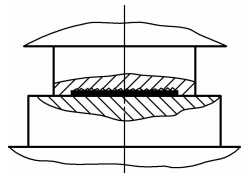
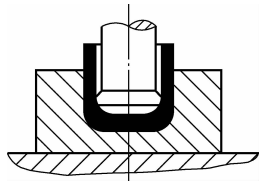
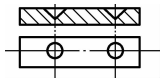
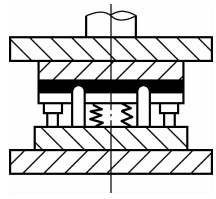
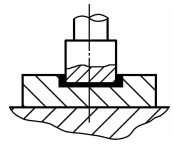
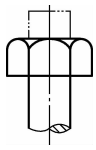
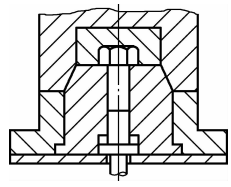
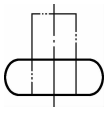
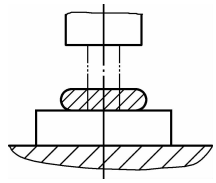
（续）

工序	序号	组别	变形方式	变形过程简图	工作性质与特征	所用模具名称	模具结构简图
分离工序	6	冲裁	切口		将工件或毛坯内部某一部分材料切开，但不完全分离	切口模	
	7		切边		把拉深或成形件的毛边或余料切掉	切边模	
	8		整修		把冲压零件平整部分的内外缘作小的切削或刮削，以得到光滑的表面和高的精度	整修模（修边模）	
	9		裁切		冲裁非金属材料	裁切模	
	10		剖截		将弯曲或拉深后的半成品切成两个以上的工件	剖截模	
成形工序	11	弯曲	弯曲		将平板毛坯弯曲成立体形状	弯曲模	
	12		卷边		将冲压零件边缘作圆弧形弯曲	卷边模	
	13		扭转		使平板毛坯的一部分对另一部分作扭转成形	扭转模	
	14	拉深	不变薄拉深		将平板毛坯拉深成空心件，或将浅空心件进一步拉深，其料厚基本不变	不变薄拉深模，通称拉深模	

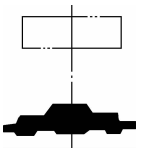
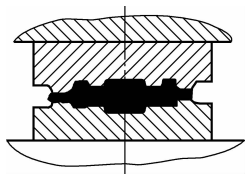
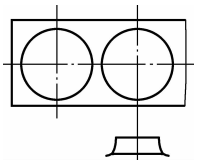
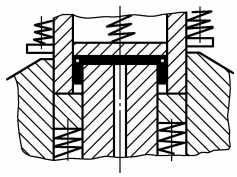
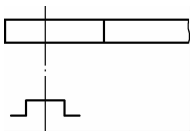
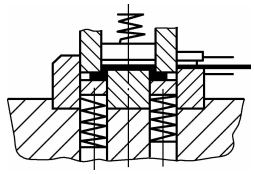
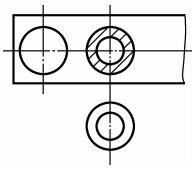
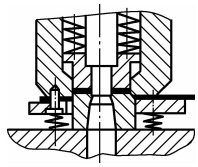
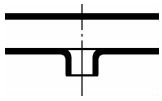
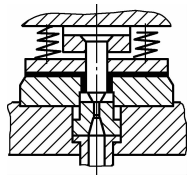
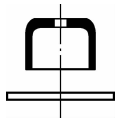
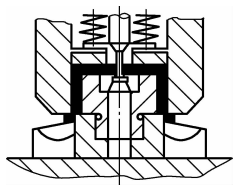
（续）

工序	序号	组别	变形方式	变形过程简图	工作性质与特征	所用模具名称	模具结构简图
成形工序	15	拉深	变薄拉深		用减小直径和壁厚的方法改变空心半成品尺寸	变薄拉深模	
	16	成形	整形		使半成品进一步变形，得到准确的形状和尺寸	整形模	
	17		翻边		在冲孔的平板毛坯上或空心半成品上冲出圆筒	内缘翻边模	
	18		外缘翻边		使半成品的外部周边弯曲成一定的形状	外缘翻边模	
	19		滚边		使空心件半成品边缘向外弯曲成圆弧形	滚边模	
	20		胀形（凸肚）		使空心件受径向压力局部胀大	胀形模	
	21		缩口、扩口		使空心件口部直径缩小或扩大	缩口模、扩口模	
	22		起伏（压波）		将平的板料压出波纹凸筋	起伏模（压波模）	
	23		赶形		通过旋转加压使毛坯成形	赶形胎	

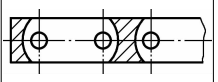
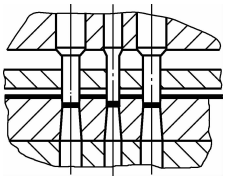
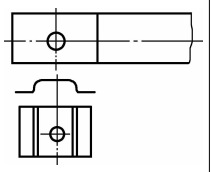
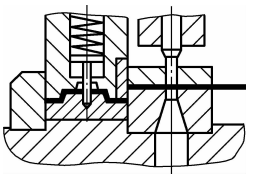
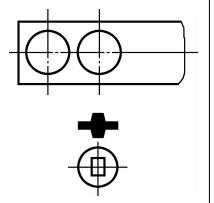
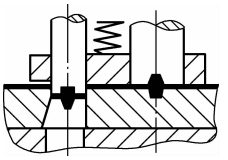
（续）

工序	序号	组别	变形方式	变形过程简图	工作性质与特征	所用模具名称	模具结构简图
成形工序	24	成形	校平		将板材和半成品局部压平	校平模	
	25	体积冲压	压印		将平板压出凸凹不平的浮雕、花纹	压印模	
	26		冷挤		将平板实心毛坯或半成品冷挤成空心件	冷挤模	
	27		冲眼		在平板毛坯或半成品表面冲出定中心用的不通孔	冲眼模	
	28		刻印		在工件表面压出标记	刻印模	
	29		顶镦		使棒料端部镦成形	顶镦模	
	30		镦粗		减小毛坯高度，增大断面	镦粗模	

（续）

工序	序号	组别	变形方式	变形过程简图	工作性质与特征	所用模具名称	模具结构简图
成形工序	31	体积冲压	冷模锻		在常温下利用冲击压力，将模膛中金属体积重新分配而获得所需形状	冷锻模	
复合工序	32	综合式复合冲压与复合冲裁	冲裁兼拉深		在一次行程中，将毛料冲下来并拉深成空心件	冲裁拉深复合模	
	33		剪截兼弯曲		在一次行程中，从条料中冲出毛坯并弯曲成形	剪截弯曲复合模	
	34		冲孔兼落料		冲孔与落料两个工序在一次行程中完成	冲孔落料复合模亦称复合冲裁模	
	35		冲孔兼翻边		冲孔后翻边在一次行程中完成	翻边复合模	
	36		冲孔兼切边		拉深件的底或壁部冲孔和外缘切边在一次行程中完成	冲孔切边复合模	
	37		其他		用两种或两种以上的工序组合，在一次行程中完成	综合式复合模、复合冲裁模	

（续）

工序	序号	组别	变形方式	变形过程简图	工作性质与特征	所用模具名称	模具结构简图
复合工序	38	连续式复合冲压	冲孔、落料或剪截		用连续模进行冲孔兼复合冲裁连续作业	连续式复合冲裁模	
	39		冲孔、弯曲或拉深、翻边		用连续模进行冲孔、弯曲和剪截三个变形工序的作业，经两次行程完成	冲孔弯曲或拉深连续式复合模	
	40		冷锻兼落料		用连续模将厚板料冷锻成型后落料	冷锻落料连续模	

1.4 冲模结构设计简介

冲模种类很多，普通全钢冲模只是众多种类冲模中的一种，是板料冲压零件成批和大量生产中使用最广泛、类型最多，在所有冲模中用量最大的主类型常规冲模。这种冲模的类型、结构不仅在众多冲模中具有广泛的代表性与典型性，而且其他种类的冲模类型与结构，大都源于普通全钢冲模，是由普通全钢冲模的相应类型与结构演变、派生而来的。因此，对一个冲模设计人员来说，应该熟悉板料冲压工艺与标准规范、普通全钢冲模的类型和各种典型结构组合、冲模的零部件标准和相关标准规定；了解冲模制造与修理工艺和设备、冲压现场的设备条件与加工水平等；掌握普通全钢冲模的基本设计方法，并具有一定的设计能力，从而能够设计其他种类的冲模。掌握冲模设计方法是冲模设计与制造专业技术人员的基本功，而冲模设计的难点在于结构设计。

1.4.1 冲模的结构

冲模的结构就是冲模的构造，是构成冲模的众多不同形状和用途的零件，以及由多种零件构成的承担不同功能或有不同作用的机构与装置的巧妙组合。

如图 1-1 所示，普通全钢冲模的基本结构，都是由活动的上模与固定的下模两大部件构成。这两大部分通常由四大系统 10 余个不同结构、不同功能的机构组成。

应该指出，不是所有冲模都具有图 1-1 所示的全部系统和全部机构。但图 1-1 所示的四大系统 10 余个不同结构、不同功能的机构都是不同类型、不同结构、用于完成各种冲压件用冲模所具有的，只是由于冲模技术功能不同，结构需要有别，设置系统与机构不同。

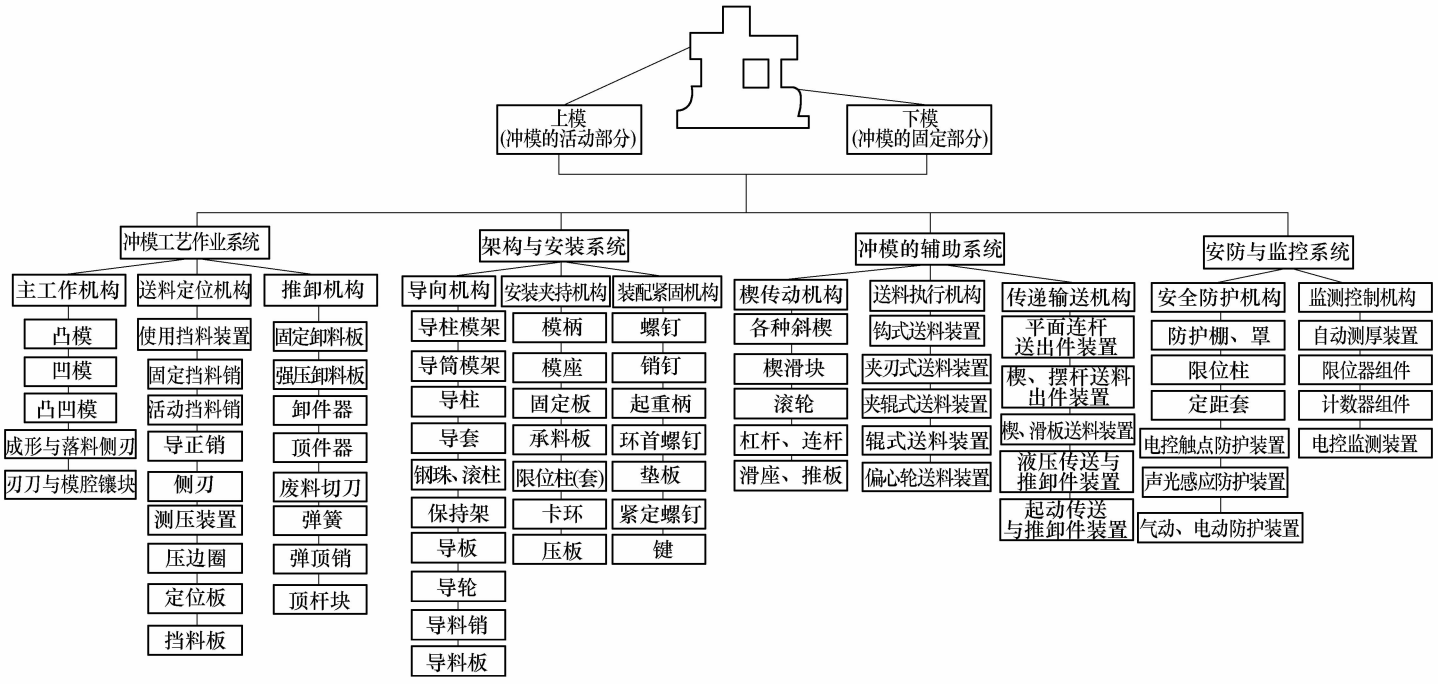

上模
(冲模的活动部分)
下模
(冲模的固定部分)
冲模工艺作业系统
主工作机构
凸模
凹模
凸凹模
成形与落料侧刃
刃刀与模腔镶块
送料定位机构
使用挡料装置
固定挡料销
活动挡料销
导正销
侧刃
测压装置
压边圈
定位板
挡料板
推卸机构
固定卸料板
强压卸料板
卸件器
顶件器
废料切刀
弹簧
弹顶销
顶杆块
架构与安装系统
导向机构
导柱模架
导筒模架
导柱
导套
钢珠、滚柱
保持架
导板
导轮
导料销
导料板
安装夹持机构
模柄
模座
固定板
承料板
限位柱(套)
卡环
压板
装配紧固机构
螺钉
销钉
起重柄
环首螺钉
垫板
紧定螺钉
键
冲模的辅助系统
楔传动机构
各种斜楔
楔滑块
滚轮
杠杆、连杆
滑座、推板
送料执行机构
钩式送料装置
夹刃式送料装置
夹辊式送料装置
辊式送料装置
偏心轮送料装置
传递输送机构
平面连杆
送出件装置
楔、摆杆送料
出件装置
楔、滑板送料装置
液压传送与
推卸件装置
起动传送
与推卸件装置
安防与监控系统
安全防护机构
防护棚、罩
限位柱
定距套
电控触点防护装置
声光感应防护装置
气动、电动防护装置
监测控制机构
自动测厚装置
限位器组件
计数器组件
电控监测装置

图1-1　冲模的基本结构

1.4.2 冲模结构设计的任务

冲模设计最主要的工作就是冲模的结构设计。充分利用已知的数据、条件及资料、规范，汲取前人的经验和已在生产中用过的、类似冲压零件的冲模结构，凭借设计人员的智慧、能力和知识，策划、设想并构思，形成一套符合技术功能与生产能力要求的冲模构造，最终设计出可以用于制模与冲制合格冲压零件的成套冲模图样；而且经生产与长期使用考验，冲模结构应技术上先进，使用上安全可靠，经济上合理、节省。这就是冲模的结构设计任务。

冲模的结构设计是一项技术性很强，要求综合知识面很广的创造性工作。

1. 冲压工艺分析

根据新产品通过样试与批试鉴定后的定形冲压零件图、冲压零件实物，及其在所属产品中的安装位置、用途及技术功能、运作与使用要求等，进行冲压工艺适应性分析。

按照冲压零件图及有关产品设计说明书、计算书与产品图样，审定冲压零件材料种类及技术要求；检查冲压零件的形状、尺寸及其要求的尺寸与几何精度，冲切面质量及允许毛刺大小与方向，是否超出冲压加工工艺允许的范围；分析其冲压加工的适应性，有没有改进与简化的可能。最后确认冲压零件图给定的冲压工艺技术参数、技术要求及冲模设计所需技术数据与要求，找出冲压加工的要点、难点及必须达到的质量及工艺水平。

2. 冲压工艺方案确定

（1）编制冲压工艺的依据

1）冲压零件的图样及其投产批量、预计年产量、总产量。

2）交货期及要求交货方式、包装与运输要求。

3）原材料供应形式与状态。

4）冲压零件的技术要求。

5）冲压零件的质量指标及验收标准。

6）冲压生产现场的设备及配套设施的技术状态。

7）相关冲压设备使用说明书。

（2）冲压工艺方案的内容

1）冲压零件加工工艺流程（工艺路线）图。该图是表明从原材料出库到冲压加工零件完成，转入下一道工序，如去毛刺、清洗、电镀或攻螺纹等，再到成品零件入库的全部完整的工艺流程图。

2）冲压工艺过程卡。冲压工艺过程卡包括冲压加工的各工艺工序，冲压原材料分离与变形的各工序形状、尺寸、技术要求，各工序使用设备、模具、材料与工时定额及检验要点与方法、检验工具、检验要求。

冲压工艺过程卡有行业标准通用格式，使用时，应在确定工艺方案、经过工艺设计与常规工艺计算后，按要求填写。

3）冲模设计任务书。工艺方案确定后，便可编制冲模设计任务书。该任务书除备有详尽的冲压工艺编制说明外，还应附上上述整套工艺文件：冲压工艺流程图、冲压工艺过程卡等。其中，冲压零件的冲压排样图，对冲模设计尤为关键。

（3）冲压工艺编制说明中应说明的问题

1）冲压工序名称、数量及工序（工步）顺序。

2）各工序冲压力、连续冲压的总压力，以及确定选用的压力机类型及其公称压力。

3）冲压原材料牌号、性质、料厚及其公差、半成品及坯件尺寸。

4）各工序（工步）冲压加工的部位、工艺作业性质及冲压后形状。

5）各工序及连续冲压各工位的送料方式、定位基准及出件（料）方法。

6）各工序采用冲模的结构形式及模具闭合高度。

7）各工序的检验要点、质量指标。

8）要求冲压的生产率及产量。

9）各工序所使用的自动化装置。

10）冲压零件的重点尺寸公差、精度等级。

3. 策划—设想—构思—绘出冲模结构草图

根据上述冲压工艺文件及冲模设计任务书，在掌握现有相关资料的基础上，遵照下述原则策划冲模结构：

1）在充分研究冲压工艺可行性的情况下，提出多个冲模结构方案，进行经济性、安全性、操作舒服性等对比选优。

2）制模方便，制模周期短。

3）制模与修模费用少。

4）安全性好，劳动强度低。

5）冲模寿命高。

6）模具零部件标准化程度与商品率高。

经初步策划后，可设想冲模的具体结构：模芯（冲模工作部位）的构成，送料、定位、冲压、推卸等各系统与各机构的连接，要设置的各机构功能与必要性，采用导向装置的类别与结构形式；而后，可以构思冲模的整体结构并绘出草图；再经过比对排样图、冲压零件图、工艺过程卡等进行修改；确认结构无问题，便可进行凸模长度、强度与刚度、间隙、刃口与模腔尺寸、行程限位尺寸、冲模压力中心、闭合高度等的计算；主要设计与工艺参数经过详细验算、校核后，最后绘制冲模总装配图。这样，冲模结构设计就基本完成了，但就整套冲模设计而言，还有选用标准零部件、模板，测绘非标零件图，编写设计说明等多项工作要做。

上述为冲模结构设计的常规程序和基本方法。在现场的实际工作中，冲模设计还会根据客观条件和掌握技术资料情况，可采用一些合适而简捷的冲模结构设计方法，但均以上述基本方法为基础。

1.4.3 冲模的设计程序及工作流程

1. 新产品冲压件生产与冲压工艺文件编制

通常情况下，新开发的机电或家电产品，首先要进行新产品的样试，即样品试制，用以考核和测定新产品的技术性能、主要技术参数等是否达到产品设计的要求。通过对样试产品的全项目检测、例行试验、在正常生产条件下的试运行、规定超载下试运行、长时间的使用寿命考验等，改进产品设计，必要时重新进行样试。一般情况下，中小型机电产品、仪器仪表、家电新产品样试仅制造 5 ~ 10 台样品。其零件——主要是新设计的非标准零件，多数是板料冲压件、塑料件、铸件及一些切削加工件。这些在新产品样试中所需的冲压件，一般是用组合冲模、简易冲模、通用冲模冲制的，甚至由钳工用手工锯、锉、焊、铆等方法制作。

新产品通过样试鉴定，还必须投入批试，即小批样品试制。样试是考验和测定新产品的性能；批试是考核和验证投入批量生产的工艺及工艺装备，为正常的成批或大量生产作准备。因此，在新产品样试通过以后，就要按初步定型的产品图，零部件的加工、组装及产品总装的样图，编制所需工艺文件并设计制造工装。其中，冲压件所需的工艺文件及工艺装备如下：

1）对产品设计师设计的冲压件图进行工艺性审查并修改，确定冲压件加工图（含技术条件、特别要求）。

2）编制工艺文件：①工艺路线和冲压工艺过程卡（含冲压件工艺流程、工序及工步、使用设备、模具、工夹最具、检验工序及要求等）；②材料消耗定额；③工（台）时定额；④使用辅助材料名称、数量；⑤工艺守则、安全操作规程及特殊要求；⑥工序质量分析表、质量检验规程及特殊要求；⑦冲模整套图样。

3）冲压后续钳工加工的夹具、专用工具。

4）转序车间（工位）及运输工具。

新产品批试一般要多于10台，不超过100台。很多冲压件在进入产品批试阶段后，由于产品设计人员对冲压工艺性及其限制数据不熟悉、冲模结构设计需要或现场生产条件制约等因素，还会与冲压工艺师、冲模设计师协商对冲压件进行一些局部的小修改，以利于冲压加工、提高冲模寿命和降低产品成本。

2. 冲模设计的一般程序

冲模设计应该按照以下原则进行：

1）密切结合现场生产条件和技术水平，利用现有厂房、设备和人员，使用更经济、更稳妥的冲压工艺及模具，生产合格优质的冲压件。

2）设计的冲模使用上安全可靠，技术上先进，经济上合理。

3）采用的冲压工艺及配套冲模，要达到“三低”和“三高”。“三低”即劳动强度低、能耗低、生产成本低；“三高”即生产率高、冲压件质量高、模具寿命高。

4）在冲压工艺与模具设计中，要将冲压操作安全放在首位，努力减小噪声污染，改善冲压工作环境。

冲模设计程序与工作流程见图1-2。

确定冲压工艺及冲模结构选型，要按照以下程序逐项实施。

（1）冲压件工艺分析　根据冲压件加工图样，从以下几个方面分析其冲压工艺性：

1）冲压件的材料类型、尺寸、规格及其力学性能和冲压性能。

2）冲压件的形状、结构尺寸及冲压加工的难点与整体冲压难度。

3）冲压件要求的尺寸与几何精度。

4）其他技术要求：①冲压件表面质量，是否有碰伤、划痕、锈斑、油污等；②冲切面质量，包括冲切面表面粗糙度、垂直度、塌角等；③毛刺方向与毛刺高度；④成品交货方式，包括包装、堆放、混装成箱、表面防护包装等。

5）生产量及重复生产周期、预计总产量。

6）原材料供应渠道、供货形式及材料状态。

7）交货期。

冲压件的冲压工艺性好，为连续冲压、一模成形奠定基础，可生产出高质量的冲压件，冲模寿命也得到提高，同时材料利用率也较高，冲压件成本较低。

图 1-2　冲模设计程序及工作流程

（2）确定工艺方案　每一种冲压件，尤其是形状复杂，要通过多道工序、多种冲压工艺作业才能完成的冲压件，往往都有多种工艺方案可以冲制完成。因此，在制订冲压件的冲压工艺之前，应根据现场条件、工艺分析结果及可能影响生产的其他因素，提出多个工艺方案，内容主要有：冲压工艺性质、必需的工序数目、工序的组合方式及工序顺序；采用分序

多模冲制还是多工位一模成形；列出具体的冲压工艺过程，绘出冲压工艺过程图。通过对各方案的可行性研究，对比其主要优缺点及技术经济数据后确定工艺方案。工艺方案应满足以下要求：

1）实施操作过程中的安全性与可靠性更高。

2）冲压件质量更好，合格率更高。

3）工序更少，使用工模具更少，消耗工（台）时更少。

4）材料利用率更高。

5）生产率更高，冲压件生产成本更低。

6）模具寿命更高。

（3）确定主要工艺技术数据及工艺参数

1）冲压件展开平毛坯及其加工图绘制与尺寸确定。

2）工艺参数的确定，包括拉深系数、翻边系数、胀形系数、缩径系数、变薄系数等。

3）工艺技术数据确定，包括拉深次数、冲裁间隙、拉深间隙、工序数目、连续冲压的工位与工步数目、搭边与沿边宽度值等。

4）主要工艺数据计算，包括各分离与变形工位的冲压力、卸料力、推（出）件力、压边力、压料力、计算冲压加工的总冲压力和冲压功、压力中心、材料利用率等。

（4）冲压设备的选用。根据冲压工艺的作业性质和冲压设备的性能特点，针对冲压件冲压工艺的需要，选定冲压设备类型；按计算总冲压力与冲压功，兼顾模具闭合高度和外廓尺寸，结合现有设备，就高弃低，确定设备公称压力。

（5）排样图的设计　平板冲裁件及各种成形冲压件的展开平毛坯在板、条、带、卷料上的排列布置方法，通称排样。在冲模设计的前期工作中，排样是一项极为重要、技术性很强的设计工作。所谓排样，实际上就是排样图设计。冲模结构设计最主要、最直接的依据和基础就是冲压工艺及其排样图。尤其对于一模成形冲压件的多工位连续模，排样图就是其结构设计的重要组成部分。多工位连续冲压件的排样图，源于冲压工艺及其冲压工步的设计与工步顺序的安排。这种排样图不仅表示出送料进距、沿边、搭边、工位间送进方式和完成冲压件冲压的全部冲压工艺及冲压变形过程，还表示出送料定位方法、冲模的送料定位系统及其构成，甚至连送料定位精度及要采用的定位装置也都直接或间接地表示在排样图上。因此，排样图设计是否合理、实用、先进，直接影响到模具的选型、结构及材料利用率、冲压生产率和冲压件生产成本，同时也影响到冲压件的质量和模具寿命。一个合理而实用的排样图，要密切结合实际和实施冲压工艺的可能性，充分考虑现有材料供应的品种、状态及冲压设备等生产条件，在确保冲压件质量的基础上，力争冲模具有更佳的结构、更好的操作安全性与制模工艺性，要全面综合分析影响排样的各种因素，进行多方案比较，从中选优而确定出最佳排样。

（6）冲模结构选型

1）冲模结构选择的基本原则如下：

①所选择的模具类型和结构必须适合冲压件图样规定的材料及其要求的料厚；冲压的工件能达到所要求的尺寸公差、几何公差、冲压件塌角大小、毛刺高度及冲切面表面粗糙度。

②模具类型及其结构的选用应使制模费用尽可能低：一是选定的模具结构在现有条件下，能冲出合格冲压件且制模费用最少；二是在满足预计总产量的情况下，模具费占冲压件总成本比例最小。

③无需特殊、专用、高精制模设备及高级技工，符合现场制模技术水平，适合现有制模生产与设备条件，具有良好的可加工性，并和实际使用模具的设备技术状态匹配。

④核算冲压件的年产量，预计其总产量。选择的模具结构要使模具按冲次计算，在失效前的总寿命大于或等于冲压件的年产量或总产量，以获得最佳经济效益。

⑤冲压件重复生产的可能性。对于非一次性生产的冲压件，除预计总产量外，还要考虑模具的易损件更换、贮存及冲压件个别尺寸改变的可能性，以便选用寿命适合或更换模具个别零部件即可重复生产的模具结构。这一点对产品更新换代或需要局部改良的冲压件生产是十分必要的。

2）选型应考虑的主要因素。用冲模冲制出成品零件还是加工冲压毛坯，是选择冲模结构遇到的第一个问题。在新产品试制时，冲压件具有生产时间紧、尺寸与形状变化大、数量少等特点，故应选用组合冲模、通用冲模及低寿命的各种简易冲模。如果其几何公差与尺寸公差、表面粗糙度 *Ra* 值等与图样技术要求不符或小孔、窄槽和成形部位冲不出来，可增加若干切削加工和钳工工序予以弥补，或用电火花线切割加工。对成批生产，尤其是中批生产冲压件，需要就多种工艺方案和多种模具使用的经济性进行比较后选定。对于大量生产的冲压件，满足冲压件各项工艺技术要求是选择和设计冲模结构的首要依据。通常冲压件的技术要求包括尺寸公差、几何公差、冲切面表面粗糙度、塌角大小、毛刺高低以及其他一些特殊要求。不同的冲压工艺需要使用不同类型与结构的模具，而各类模具在正常生产条件下能达到的经济冲压精度和质量的工艺水平也不同。导板式冲模在成批和大量生产中都可以大有作为：固定卸料导板式冲模在中厚板及厚度在 0.2mm 以上薄板冲压件生产中优势明显；弹压卸料导板式冲模在高精度薄板与超薄板冲压件生产中优势突出。

在选择成批和大量生产用模具结构时，应尽量利用模具一模成形，达到冲压件图样规定的各项技术要求，免除附加的后续有屑加工，努力做到直接由冲压提供成品零件。通常的冲深孔模可用冲压制孔取代钻孔。目前，已可冲出孔径只有料厚 30% 的深孔，最小孔径可达 0.4mm；利用精密冲裁工艺加工小模数片齿轮取代滚齿加工，如国内现在已能冲出模数为 0.2mm 的照相机片齿轮，尺寸精度与国产小模数滚齿机加工精度相当，能较好地满足高精度仪表新产品生产的需要；利用万能分解式组合冲模加工新产品试制所需的小批量冲压件，一般在几个小时内，仅靠成组元件拼装而成的通用模具即可迅速完成；利用硬质合金模可以生产几千万到上亿件的冲压件，无需替补模具而实现优质高产。

（7）冲模结构设计

1）构思冲模总体结构。冲模基本类型大致选定后，可以根据投产批量，选择原材料类型及其送料方式；按要求交货期确定冲模效率，并考虑冲模的机械化与自动化程度。当采用带料或卷料进行大量生产时，可考虑使用通用自动送料装置，采用多工位连续冲压一模成形进行不间断地高效生产。

当确定采用板裁条料进行中批与大批量生产时，可以考虑手工送料。但最好用多工位连续冲压一模成形，手工送料远在模具入料口以外，操作安全。

考虑冲压件料厚 t 及要求的尺寸精度：当料厚 $t=0.05\sim1$mm 时，应采用导柱模架弹压卸料连续模；当冲压件精度超过 IT9 而其料厚 $t<1$mm 时，应选用弹压卸料导板式连续模；当料厚 $t\geqslant1$mm 而冲压件尺寸精度低于 IT10 时，推荐用固定卸料导板式冲模，经济而又安全；当冲压件料厚 $t=0.2\sim6$mm，其尺寸精度低于 IT10 时，均可用固定卸料导板式冲模。

考虑冲模的操作安全性，杜绝冲压事故，应在国产普通开式压力机上逐步淘汰的冲模

有：①无导向敞开式冲模；②无导向固定卸料结构单工序冲模、连续模、复合模。

2）冲模结构参数的选择与计算。选定冲模结构形式及完成冲模总体构思后，可以初步绘出冲模总装配草图，并进行如下计算：①计算并确定冲模的压力中心，确保其与压力机滑块的中心重合，如遇冲压件特殊或冲模结构设计需要，模具压力中心可偏离压力机滑块中心，但不应超出所用压力机允许的范围；②凸、凹模抗压强度计算以及细长凸模抗纵弯失稳的强度校核；③垫板、模座的抗压强度计算；④弹性元件—弹簧或橡胶的选择及计算；⑤间隙的选定及间隙取向的确定；⑥凸模或凹模以及导板工作部分尺寸的计算与结构尺寸的确定；⑦模具辅助装置及传动机构的设计与计算，如楔传动机构、自动送料与自动卸料结构的设计与计算。

3）绘制冲模总装图并测绘非标零部件图，选用标准零部件。

4）汇总并填写冲模零部件明细表，特别注明选用标准件号、规格、材料等。

5）在冲模总装图上写出技术要求。在完成冲模总装配图的绘制后，必须在总装图的适当位置，设计并提出主要技术要求，主要包括：①压力机型号、公称压力；②使用原材料牌号、种类、状态；③入模材料尺寸、尺寸公差；④要求冲裁间隙；⑤模具闭合高度；⑥打标记。

第 2 章　冲模结构设计方法

从一定意义上讲，冲制每一种冲压零件的每一套冲模，都是一种专用的高精度机械产品，是可生产精度高、一致性好、互换性强的机械零件的工作母机，是一台增值效率极高的放大器。其结构好坏与完善，不仅影响到自身的工艺技术功能，还决定了生产零件的质量、效率及效益。

冲模的结构设计是一项艰辛而富有创造性的、细致的工作，是一项需要全面、耐心、仔细汲取先人和国内外同行创造的成果，充分发挥自己创造力与智慧，才能做好的开拓性工作。

2.1　冲模结构设计的前期准备

一个称职的冲模设计师，首先应该是一位称职的冲压工艺师，应对冲压工艺了如指掌，能够独立解决冲压过程中出现的各类技术问题。只有熟知冲压工艺，才可能逐步涉足冲模设计。要做好冲模结构设计，仅靠占有专业技术资料，掌握并使用各类工具，是远远不够的，还需要结合现场条件、收集到的信息，进行认真比照、套用、移植、嫁接、汇总、提炼、加工。不仅要在原有基础上进行改进，还要进行举一反三的拓展、革新与创造，甚至实际的工艺试验。这就要求冲模设计人员在不同时期、不同场合，为冲模结构设计进行信息收集、技术储备，才能做到厚积薄发、广开思路，充分运用自己的智慧与经验，调动各种手段，策划—构思—设计出先进、实用的冲模结构。

2.1.1　注意平时技术资料的积累

不断拓宽并深化计算机技术在冲模结构设计领域中应用的功能，充分利用一切可以利用的机会，学习和积累专业技术资料，收集专业技术信息，及时了解国内外业界的动态及新技术、新工艺、新材料、新设备。

1. 充分利用计算机网络技术

通过相关网站和其他渠道咨询、收集、交流冲模技术、冲压新技术与新工艺等，掌握和熟悉冲压工艺与冲模结构设计的有关信息与设计资源；构建存储冲压工艺技术与冲模结构设计资料与相关知识的数据库与图形库，以备设计需要时随时调出使用。

2. 相关技术资料设备要齐全

国内出版的专业手册、有关标准与技术指导性文件，应逐步备齐；有关专业刊物应及时阅读，并摘录有价值论文要点及优秀结构设计范例，随时备用。

3. 多参观有关展览收集技术资料与信息

很多展览会都有新技术、新结构模具展出，通过参观和与展商沟通交流，都会有所收获。

4. 参加专业协会和有关部门组织的技术交流

国内外举办的专题技术交流，是学习与收集先进技术信息的好机会，除收集资料外，与

各方面专家沟通与交流会大有收益。

5. 强化实地考察与调查研究

有针对性地进行具体到一种冲压零件的冲模结构、专业生产线的实地考察，具有很强的启发性和开拓思路的作用；请教专家和技术工人，会起到汲取营养、缺一补十的良好效果。

2.1.2　冲模结构设计应掌握的基本功

板料冲压工艺技术参数、冲模结构设计的有关技术功能参数，以及冲模基本运作机构与装置的设计计算方法，是各类相关冲模结构设计的重要组成部分，是冲模设计人员的基本功，应该熟知且会灵活应用。这些技术参数计算及设计计算方法包括以下内容：

1）各种冲压零件的工艺分析、工艺方案对比及可行性研究。

2）各种立体成形冲压零件展开毛坯的计算及展开平毛坯图绘制。

3）各种冲压工序所需压力与功等力能参数的计算。

4）各种冲压设备的合理选型及吨位的准确选定。

5）冲模合理冲压工作行程与选定冲压设备关联尺寸的核算。

6）标准模架的选择与计算。

7）凹模尺寸及强度的计算。

8）凸模尺寸计算及其强度与刚度的校核。

9）冲模压力中心、质量、重心等计算。

10）冲模刃口及型腔尺寸的计算。

11）横向冲压机构设计计算：①各种斜楔传动机构及构成零件尺寸的相关计算；②各种平面连杆机构及构成零件尺寸的相关计算；③肘杆式、摇杆式机构及构成零件尺寸的相关计算；④横向冲压成形的各种旋转模体机构及构成零件尺寸的相关计算。

12）各种送料机构的设计与计算：①钩式送料机构及与冲模的联动系统；②辊式送料机构及与冲模的联动系统；③夹滚式送料机构及与冲模的联动系统；④夹刃式送料机构及与冲模的联动系统；⑤夹钳式送料机构及与冲模的联动系统；⑥其他送料机构及与冲模的联动系统。

13）毛坯或半成品送料机构的设计与计算：①楔传动的摆杆—滑板送料机构及与冲模的联动系统；②肘杆或杠杆拉动—滑板送料机构及与冲模的联动系统；③凸轮与齿轮传动的毛坯或半成品送料机构及与冲模的联动系统；④平面连杆或铰链杠杆送料、推卸与出件机构的设计与计算；⑤转盘、滑道及其他半成品送料机构与装置的设计与计算；⑥液压传动与推卸机构的设计与计算；⑦气动传动与推卸机构的设计与计算。

14）冲模安全防护系统的设计与计算：①限位柱；②定距套（环、块）；③防护栅（屏、罩）；④行程限制器；⑤冲模防护装置，包括：利用声学开关元件（传感器）的模具防护装置、利用光学开关元件的模具防护装置、利用感应开关元件（传感器）的模具防护装置、利用感应式接近开关（起始器）的模具防护装置、利用电动—气动的模具防护装置，以及其他更高性能的防护装置。

2.1.3　设计前资料的准备

冲模设计前应准备以下资料：

1）冲模设计任务书及相关产品与工艺技术资料。

2）冲压零件加工图样。

3）冲压零件的全套工艺文件。

4）相关技术信息与企业生产计划及指导性意见，包括：①投产批量及年产量、总产量；②材料供应状态及材料入厂检验报告；③交货期；④要求每班产量及生产率；⑤冲压零件质量标准及检验办法；⑥冲压零件的后续加工工序及转序方式。

5）冲压使用设备说明书及设备目前技术状态。

6）已生产过的近似冲压零件的冲压工艺文件及冲模图样，相关使用、修理及寿命信息。

7）必备的国家标准、行业标准、企业标准，以及有关规范、规定。

2.1.4 利用计算机技术辅助冲模设计

计算机技术在冲模技术领域中应用的主要功能之一，就是冲模的计算机辅助设计（冲模 CAD）。目前在冲模设计中已开发应用的主要功能如下所述：

1）计算机绘图及图形处理功能，包括冲压零件图、冲压立体成形零件展开毛坯图、冲压工艺过程图、冲压工艺设备平面布置图、冲模非标准零部件加工图、冲模总装配图等的绘制、修改输入、输出、转换、存储与控制。

2）冲压零件与冲模工作零件，如凸模、凹模、凸凹模、镶嵌拼块体等三维实体的造型及修改、灵活编辑，辅助复杂模型、刃口及凸模与凹模等关键零件的设计。

3）冲模的计算机虚拟装配技术，即将设计好的冲模零部件在计算机上进行虚拟装配，以检验和校核设计的正确性，为修改设计提供依据。

4）利用计算机数值模拟技术，对冲压成形的全过程进行仿真模拟，从中判定冲压工艺和冲模结构的合理性，为修改设计提供依据。

计算机技术在冲模技术领域中应用十分广泛，除上述计算机辅助冲模设计之外，还有计算机辅助冲模制造（冲模 CAM），以及计算机辅助工程及冲模数据的管理系统（CAE），计算机辅助管理冲模相关所有信息（PDM）等。实施和应用冲模 CAD/CAM/CAE/PDM 技术的关键之一，是冲模设计方法的规范化、设计步骤的程序化及冲模结构的标准化与典型化。

2.2 冲模结构设计方法简介

在现场从事冲模设计，通常采用的结构设计方法是多种多样的。根据冲压零件的形状、尺寸与材料的不同，结合现场条件，因件而异，采用不同的设计方法，以达到如下目的：

1）尽量缩短设计周期。现场设计任务往往很多，大多时间要求紧、任务重。设计要满足新产品及早投产与模具制造的需要，一般都将设计周期压缩得很短。

2）提高冲模的结构典型化、通用化程度，从而提高标准化程度和商品率，以利简化制模，压缩制模周期，降低制模成本。

3）宣贯和强化执行有关国家标准（GB）、行业标准（JB）及企业标准，以大幅度提高冲模的标准化水平、制模能力和提升技术水平。

4）压缩和减少冲模设计工作量及制模所需加工零件的数量。

5）在冲模设计与制造中普及采用计算机辅助冲模设计，充分利用计算机的图形处理功能，并实施 CAD/CAE/CAM/PDM 技术，优化结构设计，提高出图效率并减少差错。

2.2.1　套用仿照设计法

根据冲压零件形状与尺寸、冲压工艺工序及其欲用冲模类型与结构，在已生产过的冲压零件、已使用过的冲模及已设计过还未投产的冲模中，寻找相同的、类似的，以及形状与尺寸虽有差异，但稍加改动即可套用的冲模，进行套用仿照设计。这种设计方法是现场和初涉冲模结构设计者，经常采用而又非常可靠、极为迅速的一种设计方法。

2.2.2　选用典型组合标准设计法

冲模的常用普通结构类型，曾纳入了机械行业标准，即原 JB/T 8065.1～4—1995、原 JB/T 8066.1、2～1995、原 JB/T 8067.1～4—1995、原 JB/T 8068.1～4—1995，共计四大类、14 种冲模典型结构组合标准，并分规格成套配全了每个规格所用标准零部件，可供设计选用。

设计冲模时，只要按冲压零件形状、尺寸及其冲压加工工序所需冲模，选定上述典型结构组合的任何一种结构形式中任何一个标准规格，便可按标准规格给定的成套标准零部件列出冲模的零部件明细表，完成模芯即模具工作部分设计后，补齐工作零件凸模、凹模、定位与推卸系统零件加工图，以及相关半标准件模孔加工图等，即可轻松完成冲模的整体结构设计。

2.2.3　冲模的“三化”设计法

机电与家电制造业中，冲压工作量大。使用冲模数量多的工厂和以制造中小型冲模为主的专业模具生产厂点，为缩短冲模的设计与制造周期，降低制模成本，通常都结合自己企业的生产特点和实际需要，有针对性地贯彻冲模相关国家标准和机械行业标准；为方便制造并满足更多用户的要求，编制自己的《冲模企业标准》、《冲模典型结构图册》、《冲模设计与制造守则》等技术文件，对冲模结构进行标准化、通用化、典型化“三化”规范工作。

工厂制定的《冲模企业标准》，一般仅选定工厂常用的几种冲模结构形式，远不及冲模相关国家标准和机械行业标准齐全。对定为企业标准的冲模结构形式，都设定多组成套规格并配齐所用不同尺寸标准的、半标准的冲模零部件，可供设计时选用。在这个基础上，可以推广通用结构与典型结构，按照工厂编制的《冲模典型结构图册》，根据设计需要随时选用，并依照《冲模设计与制造守则》要求与规定进行设计与制造。制模生产准备中，可成批预制与购买标准和半标准零部件，从而缩短制模周期。

2.2.4　冲模的排样化快速设计

在冲模结构标准化、通用化及典型化的基础上，甚至按照原机械行业冲模典型结构组合标准，也可进行冲模的排样化快速设计。设计时，只需按照冲压零件加工图样、冲压工艺排样图，就可按有关标准选定冲模结构、标准规格及给定模具零部件尺寸规格，进行制造。

排样化快速设计要对设计、制造、试模、验收等作出具体的说明与规定，一般编入《冲模设计与制造守则》中，并列举设计、制造范例。

冲模的排样化设计总图，虽只画出一个以排样图为基础的冲模总装图，但要以下有较详细的说明：

1）模具零部件明细表内，要写明选用模具类型与规格标准号、配备模架标准及其精度

等级、模具送料定位零部件，以及其他标准结构以外需增加的零件，并标注在图上。

2）在模具图中心显要位置写出冲模的主要技术规格与技术要求，包括的内容有：①冲模使用原材料种类与尺寸（冲压原材料名称、牌号、料厚 t、搭边 a、沿边 a_1、料宽及极限偏差、进距及极限偏差等）；② 冲模使用冲压设备编号；③ 冲模闭合高度；④ 冲模选用压力机滑块行程；⑤ 凸、凹模配合间隙；⑥ 计算冲压力、冲压功；⑦ 选用设备公称压力；⑧ 其他技术要求；⑨ 打印标记。

3）在以排样图为基础的冲模总装图上，要标出压力中心、各凸模、侧刃、挡销等的相互位置，各主要零部件要用同一基准标注。

4）非标准凸、凹模及其镶拼件等，还要绘制专用加工制造图样。

这种设计方法不仅可使设计周期压缩一半以上，而且差错更少，发展推广潜力很大。

2.2.5 特殊冲模结构的常规设计方法

因为冲模的类型及其结构设计的主要依据，是冲压零件加工图样及其冲压工艺、现场冲压设备及加工条件、原材料供应状态，因此，随着冲压零件形状和尺寸以及上述其他因素的变化，冲模结构与尺寸都会发生变化，而且形式多样，结构千变万化。冲模结构的常规基本设计方法，适用于任何冲压零件用冲模的结构设计。正因为如此，对于特殊冲压零件加工用冲模、模具结构没有纳入标准的冲模、需要模具零部件尺寸超越标准规定范围或结构属非标准的冲模、冲压零件料厚特薄或特厚或精度要求特高的冲模、冲压零件需要冲压方向以外施加压力冲压的冲模、冲模本身需要设置非标准及无标准的推卸与送料机构的冲模等，其结构仍需由冲模设计人员策划、构思、多方案比较选优，用常规的基本设计方法进行设计。这种设计方法程序、具体计算方法、冲模各种装置与系统的基本结构，将在本书相应章节中均予以详尽论述，该设计方法详见有关章节设计实例。

2.2.6 嫁接设计法

把其他工种常用的加工方法或工序移植到冲模结构中，实现冲压加工，已经嫁接成功的有攻螺纹、棒料切偏、铆接、切管等。这种设计方法在冲模结构设计上虽有较大难度，但对扩大冲压加工范围有重大现实意义。

2.2.7 组合设计法

多数连续模是由若干单工序冲模按连续冲压工艺的可行性组合在一起而构成的多工位连续模。当然，连续模不完全是几套单工序冲模的简单拼合，还要根据连续冲压的工艺要求，考虑工位间的送进方式、各工位的送料定位方法，以及合理调整冲压工步的顺序等。具有拉深、弯曲、翻边、打扁、压凸、压印、校形等成形工艺作业的冲压零件，多数在分序多模冲压时，往往采用单工序成形模。一旦改用连续冲压的连续模加工时，成形工位的结构基本没有变化。连续模只用相当的成形工位，将原本用单工序冲模加工的成形工序组合进去。

在所有冲模的结构设计中，多工位连续模，尤其是含成形工位，如拉深、弯曲、翻边、冲挤等工艺作业工位的多工位连续式复合模，结构设计难度较大。多数成形工位的结构可以采用其单工序成形模结构。将多工位按要求冲压顺序排列后，便可套用相当单工序成形模结构进行设计。连续冲裁也有类似情况，但其结构设计难度不大。

2.2.8　比较选优设计法

这是一种普遍采用并早已渗透到各种产品及工程设计中去的一种冲模结构设计方法，甚至在每种零部件设计与选用过程中也都采用。就冲模结构设计而言，从结构选型、整体构思到结构各细部的设计，每一步、每一个零部件的类型选择与具体设计与计算，都有意无意的使用着多方案比较、从中选优的过程。与其他机械与工程设计一样，冲模的结构设计，包括零部件的设计，也必然是有比较才有选择，有选择才能择优，力争更好的设计结果。

冲模的结构类型很多，而且变化无穷，曾纳入机械行业标准的冲模典型结构类型就多达四大类 14 种 354 个（套）规格。采用何种类型、何种典型结构、哪一组规格合适？就存在一个比较选优的过程。只有对冲压零件的形状、尺寸、冲压精度、技术要求及其使用功能了解透彻，对冲压现场加工条件了如指掌，才能从上述众多类型中，选出更合适、更经济的冲模类型与结构形式。

每种冲压零件都会因冲压设备不同、供应材料状态变化，甚至现场生产与制模技术水平差异等因素，而有多种不同的冲压工艺方案。因而需要不同结构的冲模，通过各种工艺方案的可行性研究，选出更好甚至最佳方案，选择结构更合适的冲模，便是普遍采用的比较选优设计法。

在冲模的结构细部设计中，也要经常采用比较选优的设计法，从而使冲模结构更完善。

一种需要进行连续冲裁冲压的零件，如垫圈、长圆链片等，就使用冲模类型上讲，这些冲压零件都可以有几种选择。垫圈、长圆链片形状简单，冲压精度要求一般，可以采用无导柱固定卸料结构连续模、固定卸料导板式连续模、滑动导向导柱模架固定卸料连续模、滑动导向导柱模架弹压卸料连续模等冲制。

通常多采用滑动导向导柱模架固定卸料结构连续冲裁模。除考虑在确保冲压零件尺寸精度和较大产量与较高生产率而外，还要保持更高的冲模寿命，拟采用滑动导向导柱模架导向会更经济实惠，这类模架有多种标准形式可在就近市场购得。但选用何种类型的导柱模架，是中间导柱还是后侧导柱或对角导柱、四导柱的？采用中间导柱只能纵向送料，横向被导柱占据。后侧导柱模架中导柱占据冲模后侧，使纵向送料、卸除废料或模上出件有些不便。同时，在平衡冲压力、承载弹性变形及平稳运作方面，都不如其他类型模架。但其模具工作面及允许模上冲压加工空间较大、较宽敞。比较起来，采用对角导柱模架更好一些，送料方向不受制约，比中间导柱模架好；运作平衡比后侧导柱模架好；体积比四导柱小，造价比四导柱低。有经验的冲模设计人员，这种对比往往一看便知，这是长期实践积累的结果。

2.2.9　填空设计法

曾纳入机械行标准的冲模典型结构组合，合计四大类、14 种冷冲模典型结构组合，总共 354 个规格，可供设计选用。每一种典型结构组合所设置多个规格，都按完整典型结构的需要，配齐构成的全部零部件。在模芯设计完成后，选择匹配的典型结构的合适规格，就可以交付制模了。

将常用典型结构标准中的常用规格，按 1∶1 绘制冲模总装配图。其模芯部分，按假想尺寸以双点画线绘出，描图后可复印一批备用。设计冲模时，只需按冲压件图样和排样图设计出模芯，即闭模状态的凸模和凹模，剪贴在上述冲模总装图的合适位置即可。必要时还可依冲压件平面图和排样图，在冲模总装图的俯视图位置绘出冲模的下模平面图。在未实施计算

机绘图、没进行计算机辅助冲模设计（CAD）的场合，采用这种设计方法可有效压缩设计周期。

2.2.10 计算机辅助冲模结构设计

上述种种冲模结构设计方法均可采用计算机辅助更快、更好的实施。

在冲模结构设计的准备阶段，可充分利用计算机的网络技术，收集有关设计信息，交流设计资料与信息，充分利用各方面的各种设计资源，促进和实现冲模结构设计的优化。

在冲模结构设计的策划、构思与设想阶段，可充分利用计算机存储的冲模技术资料及各种结构设计的数据、设计知识等数据库，以便随时调出和查找相关技术数据与资料；利用计算机数值模拟技术，对所设计冲压零件的冲压工艺加工的全过程，进行仿真分析，确认冲压工艺及其所用冲模结构的必要性与合理性，为冲模结构的设计，提供可靠的选型、结构细部设计与计算的依据。在冲模结构设计的集成与图示、绘图阶段，可充分利用计算机的图形处理功能，对套用仿照结构设计的原冲模总装配图、选用标准典型结构总装图、执行“优化”设计的通用结构图、进行“排样化、快速设计”的冲压工艺排样图、要进行组合设计及选优设计的模具总图、相关工作零件及非标准与半标准零部件图等，在计算机上进行修改加工，通过图形输入或从图形库与数据库调出，在显示屏上按结构设计需要修改、补充后打印、出图。

在冲模结构细部设计中，可利用计算机物体质量特性计算功能，计算冲模质量、重心、压力中心；计算冲压工艺参数，冲模主要工作零件凸模、凹模、凸凹模的刃口、型腔尺寸，并校核其强度与刚度。对于复杂模腔可利用计算机三维实体造型与曲面造型功能，并灵活编辑、修改，完成设计。

在冲模设计的最后阶段，可利用计算机的冲模虚拟装配功能，以验证所设计冲模结构与零部件的正确性与合理性。

上述各种冲模设计方法，并非其全部，而只是通常使用的一些基本方法。随着生产的发展和工艺技术的创新，还会有更好更多新的冲模设计方法涌现出来。由于作者水平所限，加上长期在仪表行业工作，所介绍的冲模设计方法难免带有行业局限性并可能挂一漏万，多有遗漏，这里权当抛砖引玉，期待业内同仁有更好更多的冲模设计新方法展现推出。

2.3 冲模结构的套用仿照设计

对于已经用过的、经过生产考验的冲模结构，通过各种公开合法渠道收集到的有用冲模结构，都可以根据需要，进行套用、仿照设计。其间，仍要经过消化、对比，要举一反三并加工修改，甚至改造等，使其符合设计需要，满足冲模设计任务书的要求。

这种设计方法能够充分利用现有设计资源，节省大量精力和时间，而且方便、可靠。

2.3.1 寻找和选择套用仿照设计对象

根据冲压零件加工图、冲压工艺文件和欲设计冲模的类型及其冲压工序（步），考虑原材料种类、尺寸及供应状态，结合现场生产及设备条件，首先从本企业生产中用过的、正在使用的，以及已设计完成投入制造的冲压零件及其所用冲模中，寻找可以套用仿照设计的对象；现有相关专业图书、手册及资料中，也不乏可套用仿照的优秀先进的冲模结构；对于已

获专利保护的冲模类型与结构，亦可通过适当渠道购买；还可通过计算机网络、技术交流以及其他渠道，合理获取套用仿照设计对象等。

寻找和选择套用仿照设计的冲模结构应该注意以下几方面。

1. 冲模类型及其复杂程度

将冲压零件的冲压工艺工序及需要的冲模类型与结构结合起来考虑，并密切联系现有冲压设备。

单工序冲模，除拉深件切边模、冲小孔与冲深孔模、拉深件剖截模、大型复杂形状拉深件的拉深模之外，大多结构简单，结构典型化与通用化程度高。即使上述结构复杂的单工序冲模，虽无收入相关标准的典型结构组合标准，但可套用仿照的冲模结构，从公开出版的专业图书、手册与资料中都可找到，也可到有关部门查询。对于一些公开资料介绍甚少的，如异形复杂拉深模、凸肚胀形模、薄料与超薄料高精度冲裁与成形模等，可寻找冲压工艺相同、冲压零件接近的冲模，作为套用仿照设计对象。

单工位多工步复合模、多工位多工步连续模，特别是直接由板、条、带、卷料经连续冲压一模成形的冲压零件，必须依其加工图样和连续冲压工艺及现场生产条件，有针对性的寻找与选定套用仿照设计对象。

1）冲压零件形状相同，尺寸稍有差异，冲压工步一样的冲模，可套用。

2）冲压零件形状大同小异，尺寸不同，但冲压工步一样的冲模，也可套用。

3）冲压零件形状不同，尺寸相差很大，但冲压工步一样的冲模，可以仿照设计。

对于单工位多工步复合模的套用仿照设计对象，冲压零件的形状、尺寸及完成的复合冲压工步都要相同或接近才能套用；如果冲压零件形状及尺寸不同，且相差较大，只要复合冲压工步相同，就可仿照其结构设计。

有不少多工位连续模，附带有自动送料、自动切断废料、自动模上出件装置及进行横向冲压的斜楔传动机构等，套用仿照设计前一定要仔细分析，套用仿照这些辅助装置，需要按冲压零件及工艺需要进一步复核。

2. 冲压工艺工序（步）和冲压零件形状与尺寸

寻找和选用套用仿照设计对象，冲压工艺工序（步）是关键，尤其对多工位连续模更为重要。冲压工艺工序相同，即便冲压零件尺寸不同，甚至相差较大，也可仿照其结构进行设计。一旦冲压零件尺寸接近，就可套用设计了。因此，冲压工艺工序（步）与冲压零件形状与尺寸是寻找和选定套用仿照设计对象的关键。

3. 套用仿照设计的计算与复核

套用冲模结构设计原则上无需进行工艺及结构参数的复算，主要工作是从计算机图形库中调出冲模总装图及相关工作零件图与辅助零件图等，利用计算机图形处理技术进行修改完善，或从底图档案库中调出底图复晒后手工修改。

仿照设计才要进行相关工艺及结构参数的计算、复核，以便按冲压零件尺寸设计冲模结构零部件尺寸。

2.3.2　冲模结构的套用设计

1）从计算机图形库、模具图样档案库中调出套用设计的全套冲模设计图。

2）对照冲压零件加工图、工艺过程卡，锁定冲压零件的差异部分及冲裁间隙的差别，必要时计算冲压力和冲压功并进行比较，确定使用冲压设备要否改变，模具闭合高度合适不

合适等。

3）修改冲模总装配图：①按冲压零件加工图样修改装配图各视图，修改或补齐工作零件（即凸、凹模及相关零件）加工图；②修改并校核冲模主要技术规格及技术要求；③校对零件明细表，修改模具编号、打印标记；④审校标准名目及采用标准号；⑤重新进入图样校对、标准化检查、审核、批准等程序；⑥图样入库备用。

2.3.3 冲模结构的仿照设计

仿照设计就是按照从计算机网络系统的相关网站，从刊物发表论文中，从专业图书与资料中，甚至从教科书或其他可以获得结构信息渠道中，看到和收集到的适用冲模结构，进行仿照设计。

冲模结构的仿照不是照抄照搬，而要针对具体的冲压加工零件图样、冲压工艺设计、具体的冲压加工工序和技术要求，结合冲压加工与制模现场条件与技术水平进行仿照，要做到仿照中有所改进、有所创新。除了因为冲压零件形状与尺寸不同外，冲压设备也不会完全一样，使用原材料及送料方式、冲压精度及投产批量等都有差别。因此，在汲取别人先进结构的同时，要举一反三，有所提升；要有自己的创造和开拓，并体现在仿照的结构设计成果中。

2.3.4 冲模结构的套用仿照设计实例

实例 1

图 2-1 所示为薄板小型拉深件一次落料拉深成形、滑动导向的中间导柱模架弹压卸料落料拉深综合式复合模。该冲模可用于冲制圆筒、方盒与矩形盒状的空心拉深件，现场使用广泛。

可以套用图 2-1 冲模结构的冲压零件，如图中冲压零件图样所示。应该指出，套用该结构除要修改凸、凹模及相关零件的形状与尺寸外，关键还要依据拉深件高度进行如下核算：

1）拉深力与拉深功复算。

2）按拉深力与拉深功复算结果，核对选用冲压设备公称压力及输出功率。

3）按拉深件高度的 1.1 倍核对冲压设备行程，否则，拉深件无法从模上顺利取出。

4）用于首次落料拉深时，可以适当放大凸、凹模顶部与口部圆角。

实例 2

图 2-2 所示为有槽孔与凹口的平板零件的滑动导向对角导柱模架固定卸料结构连续冲裁模。其冲压零件精度不高，故该冲模的送料定位系统，由始用挡料装置和固定挡料销构成。为使冲孔凸模离开落料凸模并保持一个安全距离，使两凸模在其固定板上有足够的安装位置，也使匹配的两个凹模刃口远远离开，提高凹模的强度和寿命，在冲孔与落料的两个工位之间，增加一个空工位，使整个排样变成三工位连续模，必须使用两组始用挡料装置。这一套连续冲裁模在结构设计方面的典型性与普遍指导意义如下：

1）两相邻工位的凸模距离太近，可以在其间加空工位，使凸模在固定板上有足够的安装位置，也使两工位的凹模获得安全间距，以提高模具寿命。

2）采用始用挡料装置的数量等于总工位数减 1。此例中冲模为三工位，应安装始用挡料装置为（3 - 1）组 = 2 组。

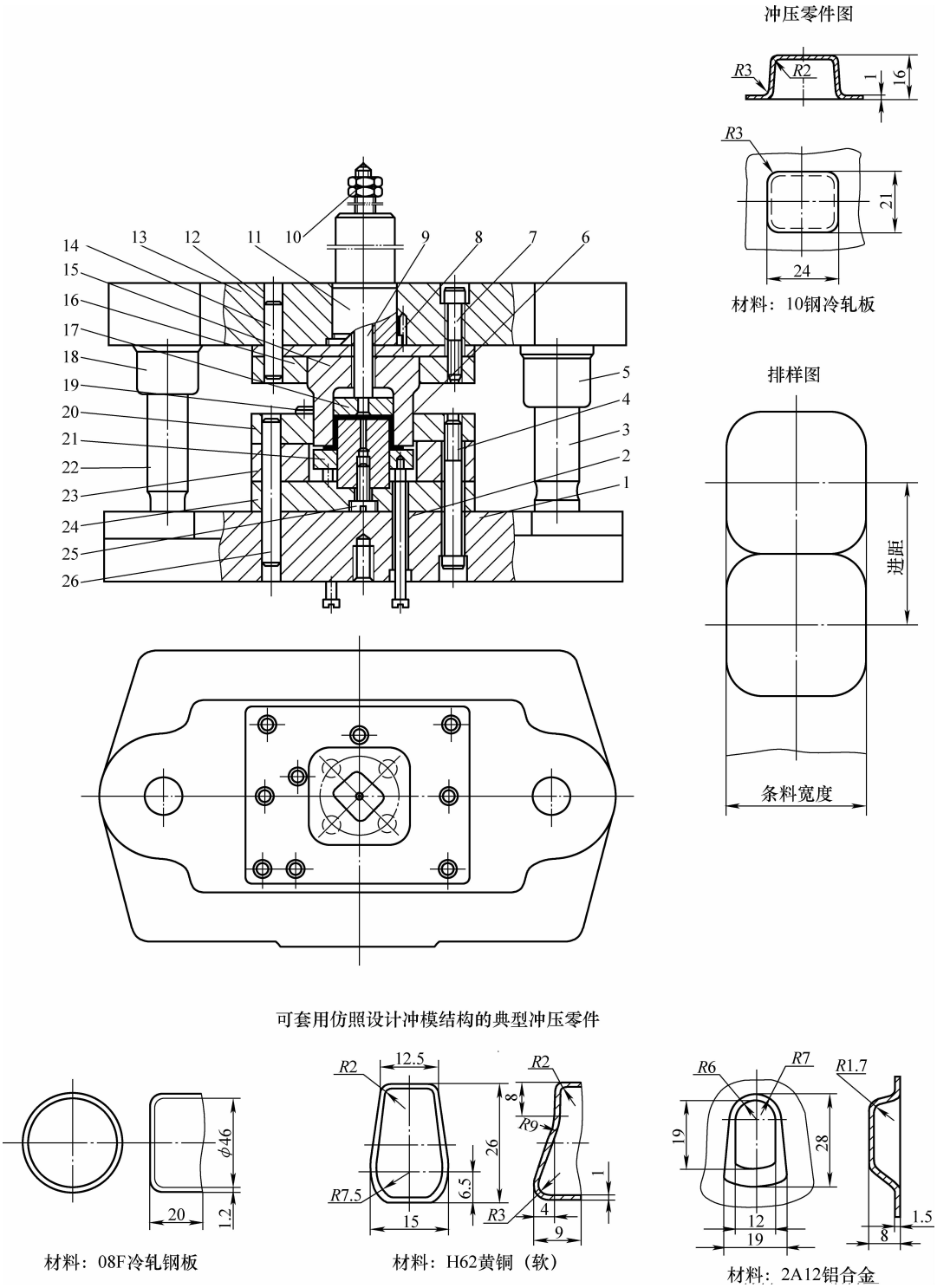


图 2-1　中间导柱模架弹压卸料落料拉深综合式复合模

1—下模座　2—顶杆　3、22—导柱　4、7、25—螺钉　5、18—导套　6—拉深凸模　8、14、26—销钉　9—打料棒　10—螺母　11—模柄　12—垫板　13—上模座　15—落料凸模　16—凸模固定板　17—打料板　19—挡料销　20—凹模　21—顶板　23—空心垫板　24—拉深凸模固定板

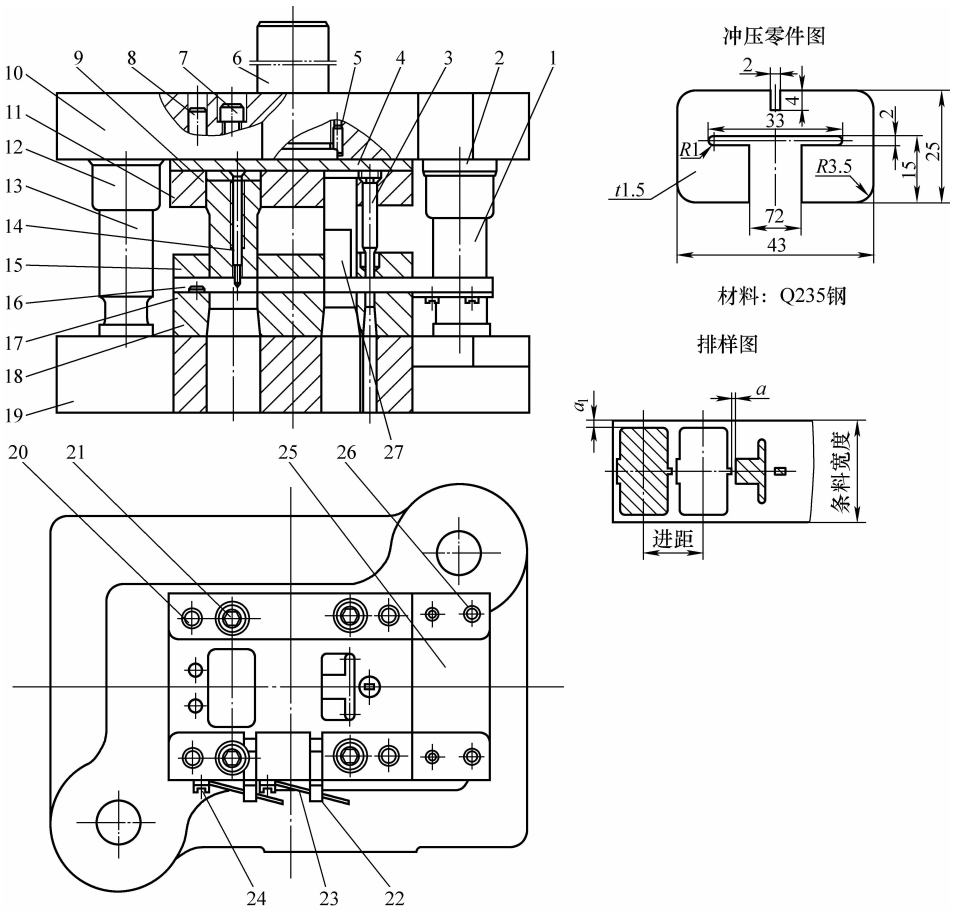


图 2-2　对角导柱模架固定卸料结构连续冲裁模

1、13—导柱　2、12—导套　3、27—冲孔凸模　4—垫板　5、8、20—销钉　6—模柄
7、21、24、26—螺钉　9—凸模　10—上模座　11—凸模固定板　14—导正销
15—固定卸料板　16—导料板　17—固定挡料销　18—凹模　19—下模座
22—始用挡销　23—弹簧　25—承料板

3）由始用挡料装置与固定挡料销配套，构成连续模的送料定位系统，多用于工位数不多的连续模。因为始用挡料装置要用手推拉运作，超过 4 组将给操作带来困难。同时，模具靠操作面一侧导料板上也无更多安装位置。因此，这种连续模送料定位系统，多数用于二工位与三工位的连续模，用于四工位的较少，用于五工位的更少。

4）这种送料定位系统多用于条、带料手工送料，生产率相对较低。

5）送料速度和送料精度，都不如侧刃切边定位的送料定位系统好，但对于冲裁料厚 $t>1\text{mm}$，尤其 $t>1.5\text{mm}$ 的冲压零件，则更多地采用固定挡料定位（因为比侧刃切边定位经济、省料）。

这种结构的连续冲裁模，使用广泛，结构定型，标准化程度很高。除了非圆形凸模外，所有零部件都有标准，如模架、模柄、垫板、卸料板、凹模板、固定板等，均可就近从市场上购得，只需补充加工与凸模匹配的模孔。可套用此结构的典型冲压零件如图 2-2 所示。

实例 3

连续式复合模是一种具有多工位连续冲压功能，同时兼有复合冲压特点的冲模。具有复合冲裁工位的多工位连续冲裁模，不仅可以连续不间断冲裁，具有连续模冲压的特点；同时有复合冲裁工位，满足冲压零件同轴度、位置度等要求较高部位的复合冲裁，并达到很好的平面度水平，是冲模中一种较完善的结构形式。图 2-3 所示为这种结构冲模的典型实例。可以用套用设计法设计使用该结构冲模的一些典型冲压零件如图 2-3 所示。

从图 2-3 冲模图可以看出，这类冲模结构紧凑，冲裁工件不仅尺寸精度高，平面度亦好。

该冲模采用一组始用挡料装置与固定挡料销，构成冲模的送料定位系统，仅冲孔与复合冲裁——冲孔与落料两个工位。第一工位冲孔后，靠送进原材料携带进入第二工位复合冲裁。在第二工位的落料凸模上装有导正钉，校准送料误差。两只导正钉先进入在第一工位冲出的两边各一个圆孔中，校准送料进距，而后冲矩形孔的同时，落料出成品工件。冲孔废料由凹凸模中的打料板顶出；落料工件由下模的顶件器顶出，模上出件。

实例 4

如图 2-4 所示，冲压零件最小孔边距 $b=[(\phi 32\text{mm}-\phi 28\text{mm})\div 2-(\phi 2.2\text{mm}\div 2)]=0.9\text{mm}$；$\phi 28\text{mm}$ 圆周上均布 $\phi 2.2\text{mm}$ 的 12 个小孔，内型孔最小壁厚仅 1mm。而其料厚 $t=0.8\text{mm}$；材料为胶纸板。冲压零件要求平整而孔壁特薄，采用单纯的冲孔、落料连续冲裁模，要靠落料模口漏件出模，如此薄料难保工件平整；采用单工位复合冲裁模，凹凸模壁厚太薄太弱，不仅制模难度大，也很易损坏。因此，采用如图 2-4 所示连续式复合模结构，冲制这类冲压零件，效果很好。

仿照图 2-4 所示结构设计新冲模，应注意如下事项：

1）通常情况下，当平板冲压零件中的孔壁厚 $b\leqslant t$（冲压零件料厚）时，应使用连续模分次冲孔与落料，避免在复合冲裁中，凸凹模壁厚很小，影响模具寿命。在现场实际控制冲压零件孔壁厚度 $b_{\min}=2\text{mm}$。当 $b<2\text{mm}$ 时，大多采用连续冲裁，避免因孔壁厚度小而削弱复合冲裁模的凸凹模强度。

2）采用连续式复合冲裁模，与使用单纯的多工位连续冲裁模相比优势是：工位数减少，冲模结构紧凑，模体尺寸会因此缩小；连续冲裁工步减小，材料利用率提高，冲压精度尤其同轴度等几何精度，会因复合冲裁而大幅提高；同时，冲压零件平整无拱弯，不用再进行校平。

3）复合冲裁工位的增加会加大制模难度并提高冲模制造成本。

实例 5

图 2-5 所示为料厚 $t>1\sim 3\text{mm}$，甚至更厚一些板料复合冲裁平板冲压零件经常采用的复合冲裁模结构。现将采用仿照及套用设计法，在生产中使用这种结构复合冲裁模冲制的零件，一并示于图中。这种结构特别适用于一些外形虽复杂，尺寸精度要求不高，但几何精度

（包括同轴度、位置度）有较高要求，用连续模冲制有困难的工件。

采用图 2-5 所示冲模结构并以套用结构设计法设计时应注意以下几点：

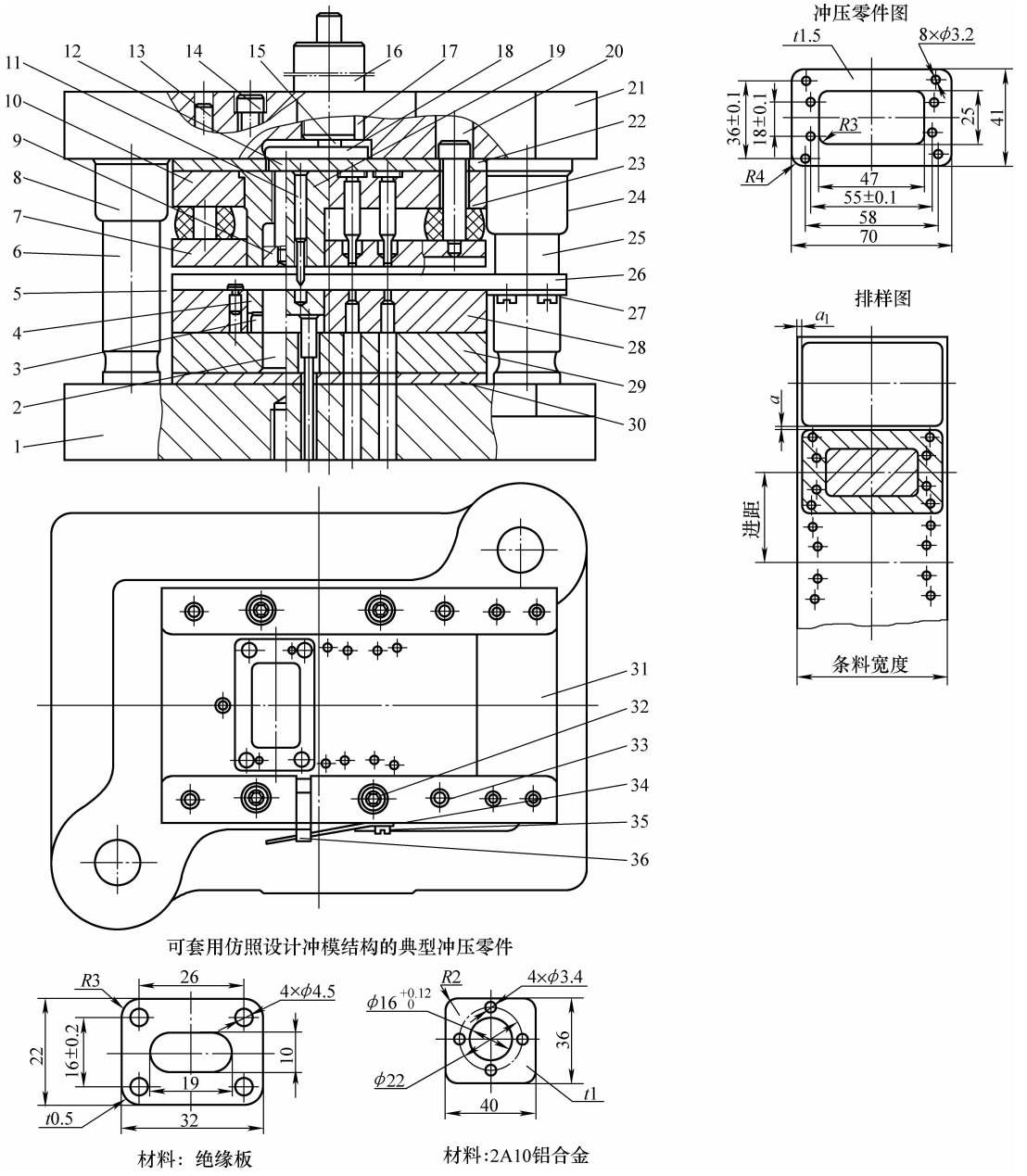


图 2-3　对角导柱模架弹压卸料连续复合冲裁模

1—下模座　2—凸模　3—顶杆　4—顶板　5—固定挡料销　6、25—导柱　7—卸料板　8、24—导套　9—打料推板　10、29—凸模固定板　11—导正销　12—打料杆　13、33—销钉　14、17、23、27、32、35—螺钉　15—打料棒　16—模柄　18—打料板　19—落料凸模　20—冲孔凸模　21—上模座　22、30—垫板　26—导料板　28—凹模　31—承料板　34—弹簧　36—始用挡料销

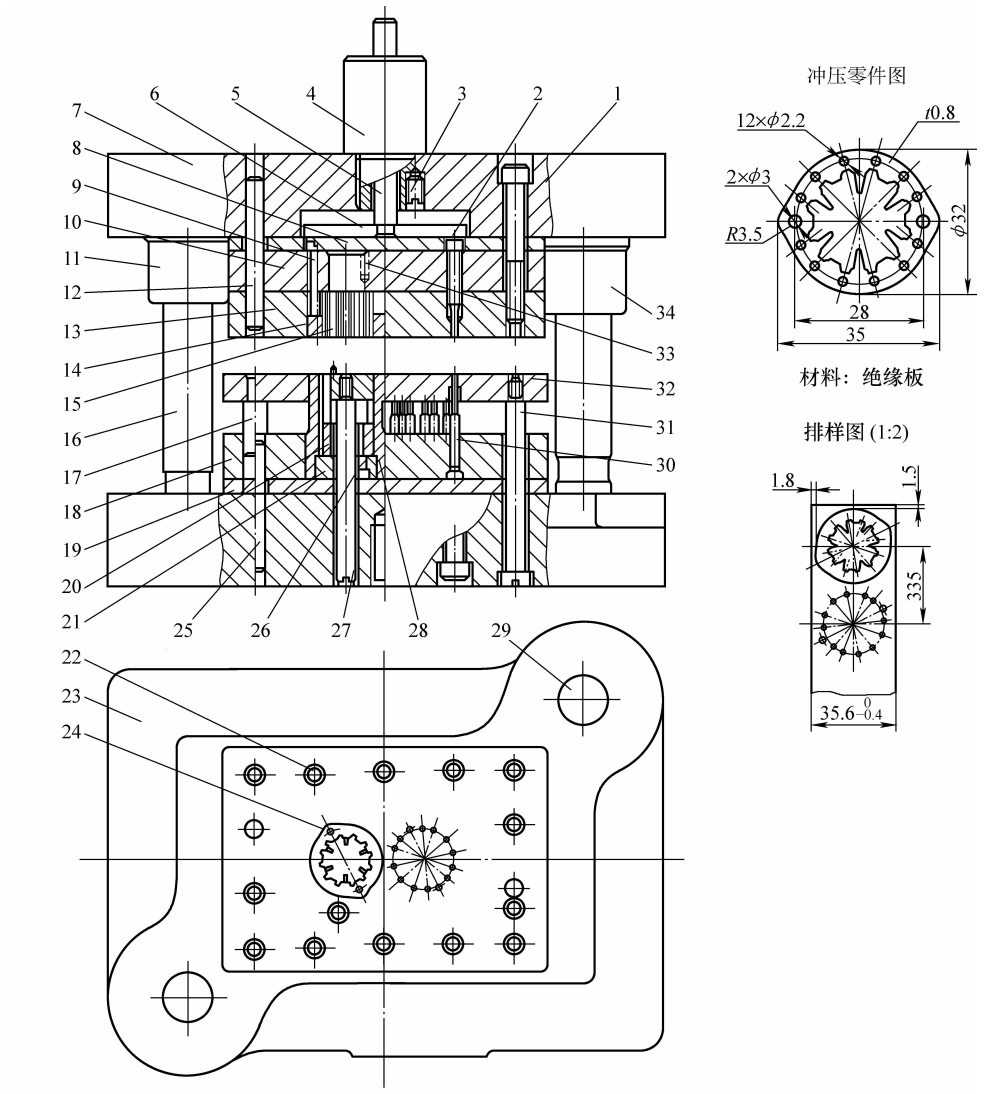


图 2-4　对角导柱模架弹压卸料连续式复合模

1、3、9、22、26、31—螺钉　2—打料杆　4—模柄　5—打料棒　6—打料板　7—上模座　8、19—垫板　10—固定板　11、34—导套　12、25—销钉　13—凹模　14—推板　15—上凸模　16、29—导柱　17—小导柱　18—凸模固定板　20—嵌件　21—垫圈　23—下模座　24—导正钉　27—顶杆　28—凸模　30—冲孔凸模　32—卸料板　33—定位销

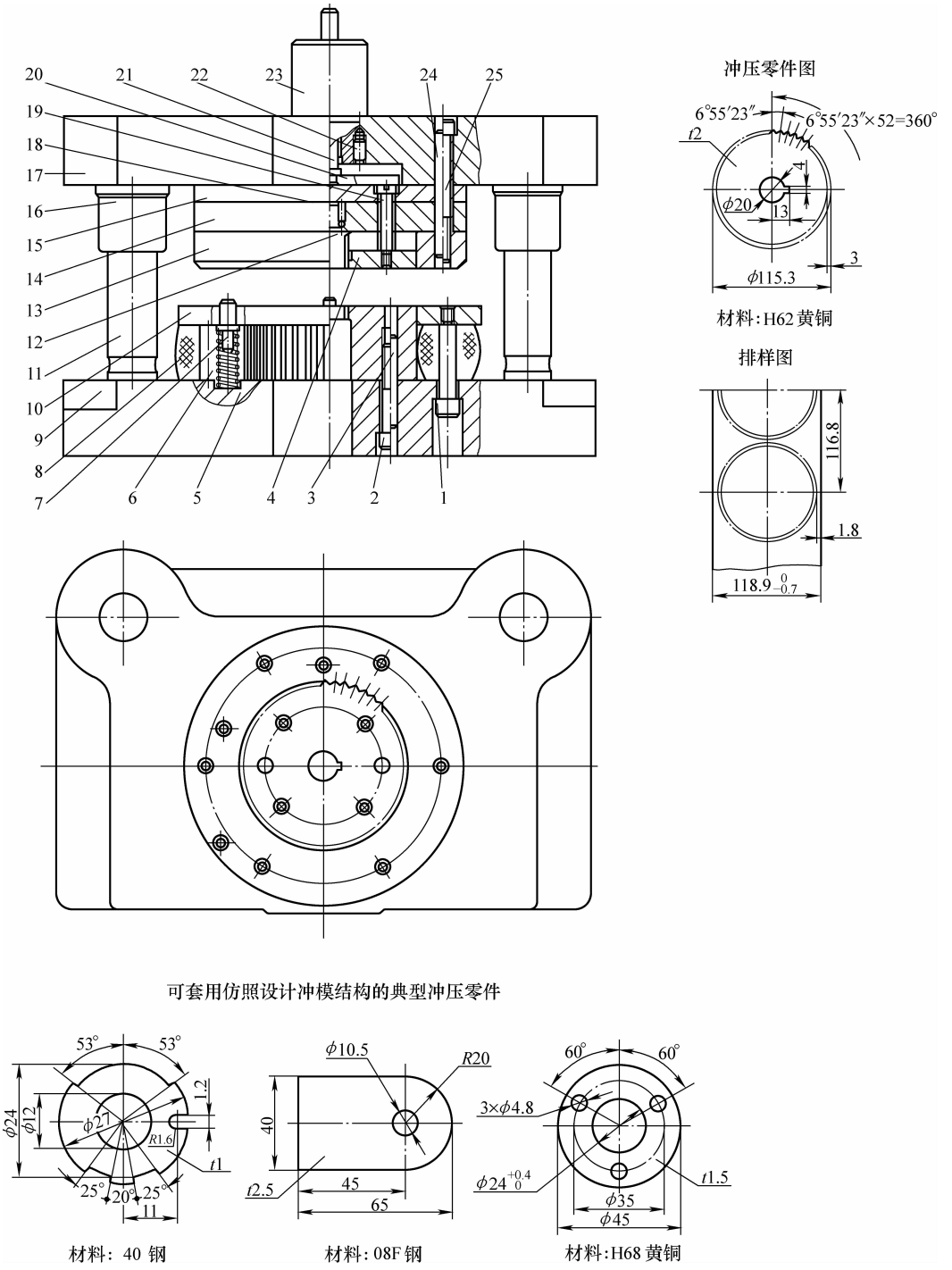


图 2-5　后侧导柱模架倒装式复合冲裁模

1、2、19、22、25—螺钉　3、18、24—销钉　4—推板　5—凸凹模　6—弹簧　7—伸缩式活动挡料销　8—弹压板橡胶　9—下模座　10—卸料板　11—导柱　12—凸模　13—凹模　14—凸模固定板　15—垫板　16—导套　17—上模座　20—打料板　21—打料棒　23—模柄

1）欲用图 2-5 所示冲模结构冲制的零件，应是料厚 t 为 1 ~ 3mm 的平板冲裁件，其尺寸精度低于 IT10。

2）冲压零件的外形尺寸 $D_{max} \leqslant 120$mm，最好是圆形、接近或类似圆形。

3）冲裁间隙应按冲压零件材料种类、供应状态、力学性能及料厚查阅 GB/T 16743—2010《冲裁间隙》，考虑冲压零件要求的尺寸精度、使用功能及技术要求确定。

4）如果冲裁料厚 $t < 1.5$mm，冲裁外形复杂，要求冲压精度高于 IT10，可采用对角导柱或中间导柱Ⅰ级精度模架。

2.4　选用典型组合标准设计法

2.4.1　相关标准中的典型结构组合

1）原 JB/T 8065.1—1995《冷冲模固定卸料典型组合　无导柱纵向送料典型组合》。
2）原 JB/T 8065.2—1995《冷冲模固定卸料典型组合　无导柱横向送料典型组合》。
3）原 JB/T 8065.3—1995《冷冲模固定卸料典型组合　纵向送料典型组合》。
4）原 JB/T 8065.4—1995《冷冲模固定卸料典型组合　横向送料典型组合》。
5）原 JB/T 8066.1—1995《冷冲模弹压卸料典型组合　纵向送料典型组合》。
6）原 JB/T 8066.2—1995《冷冲模弹压卸料典型组合　横向送料典型组合》。
7）原 JB/T 8067.1—1995《冷冲模复合模典型组合　矩形厚凹模典型组合》。
8）原 JB/T 8067.2—1995《冷冲模复合模典型组合　矩形薄凹模典型组合》。
9）原 JB/T 8067.3—1995《冷冲模复合模典型组合　圆形厚凹模典型组合》。
10）原 JB/T 8067.4—1995《冷冲模复合模典型组合　圆形薄凹模典型组合》。
11）原 JB/T 8068.1—1995《冷冲模导板模典型组合　纵向送料典型组合》。
12）原 JB/T 8068.2—1995《冷冲模导板模典型组合　横向送料典型组合》。
13）原 JB/T 8068.3—1995《冷冲模导板模典型组合　弹压纵向送料典型组合》。
14）原 JB/T 8068.4—1995《冷冲模导板模典型组合　弹压横向送料典型组合》。

上述原机械行业标准的四大类 14 种冲模典型结构组合，每种均由多组规格可供设计选用。每种规格的成组配套零部件，均为标准件和半标准件，可以随时在就近模具市场按要求购买。

2.4.2　设计步骤

1. 确定冲模结构类型

冲模结构选型的主要依据如下所述：

（1）冲压零件加工图样　其中，主要参数是：材料种类及料厚、尺寸及其精度、技术要求，以及经工艺分析后的冲压加工难点。

（2）冲压零件的工艺文件　包括：工艺流程图、工艺过程卡、工艺设计与计算书及说明、冲模设计任务书等。

（3）初步选择冲模的类型与结构　根据上述图样、工艺文件，针对冲压工艺需要，按冲模设计任务书要求，在前述的 14 种冲模典型结构组合标准中，初步选择冲模的类型与结构。

（4）对比确定。在初步选定冲模类型的过程中，应经过以下几方面的对比后确定。

1）冲模要不要导向装置及使用何种导向装置。如果不要导向装置，根据冲压零件工艺要求、生产批量以及尺寸精度，可以用无导向冲模冲制，则只有两种典型组合标准供选用，即原 JB/T 8065.1—1995《冷冲模固定卸料典型组合　无导柱纵向送料典型组合》、原 JB/T 8065.2—1995《冷冲模固定卸料典型组合　无导柱横向送料典型组合》，两种各 33 个规格可供设计选用。

如果必须具有导向装置，有导板导向、导柱导套导向及导板与导柱导套组合导向三种结构形式供选择。

使用导板导向的冲模是指固定卸料导板式冲模，通常推荐可冲裁料厚 t 为 0.6～6mm，最大冲裁件尺寸不大于 200mm，冲压精度低于 IT10。冲模体积小，结构紧凑，操作安全，冲压噪声小。

使用导柱导套导向的冲模，通常指用滑动导向导柱模架，有固定卸料或弹压卸料的各种结构形式的冲模，冲裁料厚 t 为 0.05～16mm，最大冲裁件尺寸一般不大于 250mm，最高冲压精度为 IT10～IT14，使用广泛。

所谓导板与导柱模架组合导向的冲模，是指滑动导向导柱模架弹压卸料导板式结构高精度冲模。这种结构的冲模可冲制薄料、超薄料高精度冲压零件，如料厚 t 为 0.05～<0.5mm 的超薄料高精度冲压零件的冲制，也可以对厚料冲裁及光洁冲孔加工，包括冲孔直径 $d \leqslant t$ 及 $d \geqslant 0.4$mm 的深孔与小孔冲制。

2）冲模的导向装置与结构类型。用导板导向的固定卸料导板式冲模，可选用典型组合标准是：原 JB/T 8068.1—1995《冷冲模导板模典型组合　纵向送料典型组合》、原 JB/T 8068.2—1995《冷冲模导板模典型组合　横向送料典型组合》，两种各 17 个规格，共 34 个规格可供选用。

用滑动导向导柱模架的冲模，有以下 8 种结构形式的典型组合标准可供选用：①原 JB/T 8065.3—1995《冷冲模固定卸料典型组合　纵向送料典型组合》、原 JB/T 8065.4—1995《冷冲模固定卸料典型组合　横向送料典型组合》，两种各 33 个规格，共 66 个规格可供选用；②原 JB/T 8066.1—1995《冷冲模弹压卸料典型组合　纵向送料典型组合》、原 JB/T 8066.2—1995《冷冲模弹压卸料典型组合　横向送料典型组合》，两种各 33 个规格，共 66 个规格可供选用；③原 JB/T 8067.1—1995《冷冲模复合模典型结构　矩形厚凹模典型组合》、原 JB/T 8067.2—1995《冷冲模复合模典型结构　矩形薄凹模典型组合》，两种各 33 个规格，共 66 个规格可供选用；④原 JB/T 8067.3—1995《冷冲模复合模典型结构　圆形厚凹模典型组合》、原 JB/T 8067.4—1995《冷冲模复合模典型结构　圆形薄凹模典型组合》，两种各 33 个规格，共 66 个规格可供选用。

用导板与导柱模架组合导向的滑动导向导柱模架、弹压卸料导板式冲模，有两种结构形式可供选择，即原 JB/T 8068.3—1995《冷冲模导板模典型结构　弹压纵向送料典型组合》、原 JB/T 8068.4—1995《冷冲模导板模典型结构　弹压横向送料典型组合》，两种各 18 个规格，共 36 个规格可供设计选用。

3）确定使用卸料方式。典型组合标准中，有弹压卸料、固定卸料两种方式，都使卸料板强制从凸模上卸下板料。弹压卸料板是校平板料后冲裁，工件不会拱弯而较平整，而且卸料是用弹性元件逐渐施压柔性卸料，不产生冲击噪声，一般用于 $t \leqslant 1$mm 的薄料，以及弹性大、原本有轧制圆弧及需要校平后冲裁而获取较高尺寸精度的冲裁件。

固定卸料属于刚性冲击卸料，大多数用固定卸料板，而且固定卸料块、卸料钩等是大尺寸、厚料冲裁中经常采用的卸料装置。固定卸料的冲压零件，会产生拱弯并伴随有较大的弹性变形和冲击噪声。$t>1$mm 料厚的平板冲裁件，尤其是 $t>3$mm 的中厚板冲裁件，以及精度不高的、1mm 以上料厚的薄板冲裁件也常采用固定卸料。卸料板结构简单，造价也低，使用可靠。

4）确定使用模架的结构形式及精度等级。需要配用模架的所有典型组合标准中，没有规定配用模架类型及其结构形式，只规定了每个规格配用模架的最小闭合高度与最大闭合高度。通常情况下，所有需配模架的典型组合均为普通全钢冲模，除另有注明和特殊需要外，都配用不同精度等级的滑动导向导柱模架。至于何种冲模结构典型组合，配何种结构形式的模架，均由冲模设计人员根据需要确定。冲压零件的工艺尺寸及精度，以及由其冲压工艺确定的排样图设定的凹模周界，是确定选用模架规格及精度的主要因素。对于料厚 $t\leqslant 0.5$mm 的薄料与超薄料冲裁件，为确保上模芯对下模芯，尤其是小孔、深孔凸模对准其匹配凹模的导向，一般都选用 I 级精度，甚至超过 I 级精度，选 O 级高精度模架。

模架结构形式的选择，主要与工艺排样及其确定的送料方式、送料方向有关，模具附带送料机构的安装位置、横向冲压机构所需楔传动系统的安装位置与空间等，不得与模架导向零部件碰撞。此外，要考虑冲模能平稳运作。

2. 确定已选定典型结构的标准规格

选择合适规格，就是确定冲模的整体尺寸及其主要零部件尺寸及规格。

选定典型组合标准规格的依据如下：

1）冲裁零件的最大外廓尺寸：长 × 宽（$L_{件}\times B_{件}$）、直径（$D_{件}$）。

2）考虑搭边、沿边、凹模壁厚、导料板及侧刃等零件安装尺寸，计算出所需的凹模周界：长 × 宽（$L\times B$）、直径（D）。

3）冲压零件的冲压工艺过程及排样图。根据冲压零件图、排样图，以及选定的冲模典型组合标准规定的标准模具图，便可方便地计算出冲模的凹模周界，即凹模在下模座上许用安装的平面外廓尺寸 $L\times B$ 或 D。有时，考虑在凹模表面安装挡料销、始用挡料装置、挡料板、防护栅（屏）等，会对计算的 $L\times B$ 或 D 值稍加调整后确定。

按照最终确定的凹模周界尺寸，查相应典型组合标准，即获得其标准规格及成套标准零部件的编号、名称、数量、选用标准号及其具体尺寸。

3. 绘制非标准及半标准零部件加工图

通常非标准零件主要是凸模、凹模、凸凹模、非标准成形侧刃；半标准件指待加工模孔的凸模固定板、固定卸料板、凹模板、导板、顶件器、卸料块，以待加工漏件（废料）孔的下模座和待加工安装孔的上模座打料推卸系统等。

冲压零件不同，冲压工艺各异，选用的冲模典型结构组合标准也不同，故需要绘制的非标准及半标准零部件加工图也完全不同。

（1）设计单工序冲模

1）非标准零部件图：非圆断面冲孔与落料凸模，弯曲、拉深、翻边、压波、打凸、压印、压花、冲挤及体积冲压等成形作业单工序冲模的凸模与凹模，顶件器、防护栅（屏）、附设的自动或半自动送料、出件机构成套零部件。

2）半标准零部件：与凸模匹配的凹模板、凸模固定板、卸料板、导板的模孔、限位柱、定距套、弹性元件（弹簧、橡胶块）。

（2）设计多工位连续模　除与上述单工序冲模相同的非标准零部件、半标准零部件外，视所设计冲模需要配套，绘制加工图。所不同的是，连续模所需单工位冲裁、各种成形凸、凹模，顶（卸）件器，都是按工位成套设计。同时，连续冲裁模的凸模固定板、卸料板（导板）、凹模板大多为整体式结构，如需镶拼也多采用整体或组合镶块嵌装在凹模框内，故均可依一个整体考虑上述“三板”，即凸模固定板、卸料板（导板）、凹模板的统一基准的尺寸标注、与凸模配合精度等级，甚至可三板叠齐，一次由电火花线切割加工出凹模孔后，再分别按配合要求、间隙大小进行精加工。

有成形工位的连续式复合模，尤其需进行横向冲压的连续式复合模，成形工位如落料后弯曲、冲孔与落料后拉深等，这些工位均需按非标准设计。

（3）设计复合模。原 JB/T 8067.1～4—1995 给出了四种复合模典型结构；均为倒装式结构形式。在选定冷冲模复合模典型结构组合标准及指定规格之后，还需要绘制如下零部件加工图：

1）非标准零部件：异形凸模、凹模、凸凹模、顶（卸）件器、推卸顶杆与推板。

2）半标准零部件：与凸模、凸凹模匹配的凹模板、卸料板、固定板等。

绘制非标准与半标准零部件加工图，必须按冲压零件材料种类及力学性能、料厚等要素，查 GB/T 16743—2010《冲裁间隙》，结合冲压零件使用功能要求，合理确定冲裁间隙，再计算出冲模刃口与模腔制造尺寸与公差。根据冲模主要工作零件尺寸，按冲模结构与功能需要，确定其他结构零部件、定位系统零部件、推卸系统零部件，以及附设的送料、出件机构零部件尺寸与公差。

4. 绘制冲模总装配图

根据选定典型组合标准示图和已计算出的工艺数据，已绘出的非标准、半标准零部件图，结合排样图，确定冲模的压力中心、凹模的定位及检测基准面，复核并纠正冲压工艺计算中的遗漏与失误，再着手绘制冲模的总装配图。

在冲模总装图绘制好后，在该图显著位置写明冲模的主要技术规格与制造技术要求。

5. 提高设计质量的措施

为了更好地应用典型组合标准设计法并提高设计质量，应采取如下措施：

1）事先编制《冲模设计与制造守则》，规定设计与制模流程，设计应完成的工作及达到的要求，规定采用标准及冲模结构形式、可预制的标准与半标准零部件，规定制模、总装、试模、验收、投产的工艺流程与验收标准。该手册发放至设计与制模工艺人员手中，并集中培训、学习、宣贯，并认真执行。

2）强化设计程序及各程序交接方式，确保设计、校对、标准检查、审核、批准各程序，并有纠正记录和书面意见。

3）冲模主要零部件、辅助机构及横向冲压系统等应有设计说明书与设计计算书。

2.4.3　无导向固定卸料冲模结构设计

这类冲模的典型结构组合标准，按送料方向分两种：无导柱纵向送料与横向送料，两种典型组合的构成完全相同，详见原 JB/T 8065.1—1995、原 JB/T 8065.2—1995。

实例 1

图 2-6 所示为一套小型平板冲压零件无导向固定卸料落料模。冲压零件的基本形状及其排样图均在其冲模总装图的俯视图上表示清楚。排样图设计考虑冲压零件细长而尺寸又小，

采用交错单列反身冲裁有搭边排样，设间隔两个模位，一次落料两件。既将两模孔间距拉大，提高了凹模强度，也减少了结构废料，提高了板材利用率。

该冲模采用纵向送料形式，用矩形侧刃节制送进原材料的进距。侧刃的切边长度等于送料进距。送料时可以将条料（带料）贴着凹模表面连续送入，进行不间断冲压，生产率较高。

实例 2

图 2-7 所示为孔板无导向固定卸料二工位连续冲裁模。该冲模采用横向送料形式。与图 2-6 冲模不同，它采用由始用挡料装置与固定挡料销、导正销配套，构成其送料定位系统，送进原材料至各工位定位。不仅保证每个工位送料进距准确，还要保证冲孔与落料具有良好的同轴度。始用挡料装置亦称临时挡料销，控制每根条料首件先冲孔而后落料，使每根条料首件不会出现不冲孔就落料而产生废品。因为冲压零件的长度 L = 100mm，使用条料宽度达 103mm，为使送进条料不产生偏斜，故采用两个固定挡料销。送料时，条料必须抬起越过固定挡料销，用待落料的搭边，挡在固定挡料销右边挡料圆柱面上，限距定位。落料凸模上的导正销在上模下行时，先插入在第一工位冲出两圆孔中，对送进条料精确校准定位，消除两个工位可能出现的同轴度误差后，进行落料。

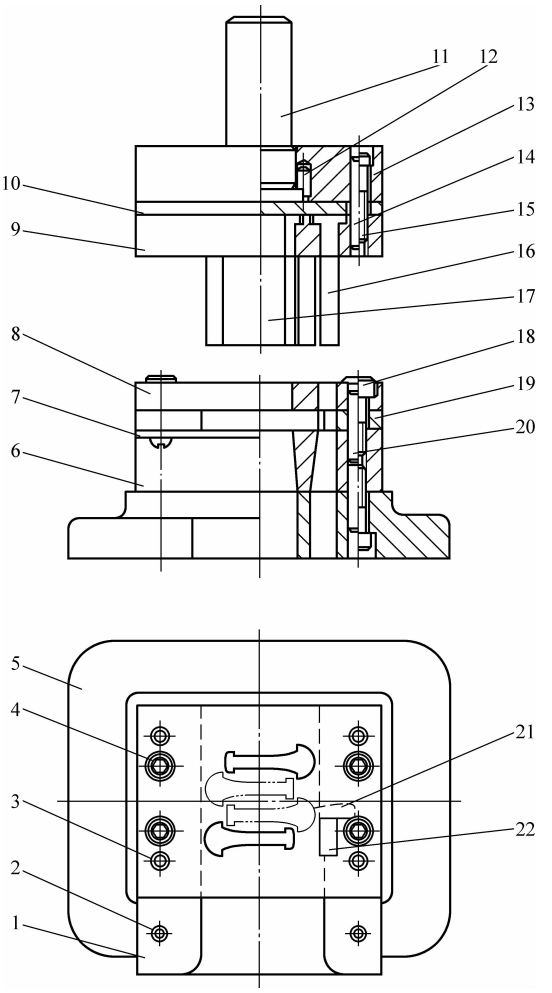


图 2-6　小型平板冲压零件无导向固定卸料落料模

1—导料板　2、4、15、18—螺钉　3、12、14、20—销钉　5—下模座　6—凹模　7—承料板　8—卸料板　9—固定板　10—垫板　11—模柄　13—上模座　16、22—侧刃　17—凸模　19—导料板　21—侧刃挡块

这类冲模大多采用板裁条料冲压，条料长度大多在 500 ~ 2000mm 之间，每换一条新料都必须使用一次，由手压推出的始用挡料装置，为其首件第一工位送料进距定位。此后每冲裁一件，都必须抬起条料送进，并使送进条料挡在固定挡料销一侧，才能开始冲压。因此，使用这类冲模多用手动送料。当安装专用钩式送料装置后，也可实现连续自动冲压，而条料首件仍要使用手动的始用挡料装置。

选用典型组合标准设计无导向固定卸料纵向送料或横向送料结构的冲模时，其关键步骤及应注意的事项如下：

1）设计前应对冲压零件进行充分的工艺分析，要着重于加工图样要求的尺寸精度、几何精度及允许的塌角与毛刺大小等要求，给予特别关注。

2）由于这类无导向冲模，其冲压精度较低，一般为 1T12 ~ IT14。如果使用冲压设备动

态精度高，其冲压零件精度会稍高一些，但不会高于1T11。料厚 $t<1$mm 的薄料不适于采用这类冲模冲制。

3）由于这类冲模冲压时，上模对准下模，主要依靠使用压力机的滑块导轨对滑块的导向精度，以及滑块行程对压力机工作台表面的垂直度等，使凸、凹模对准度误差一般为0.10～0.15mm，老式及超期服役的C形机架开式压力机，动态精度更低，使凸模对准凹模的误差更大。因此，这类冲模的刃磨寿命及使用（总）寿命都偏低。

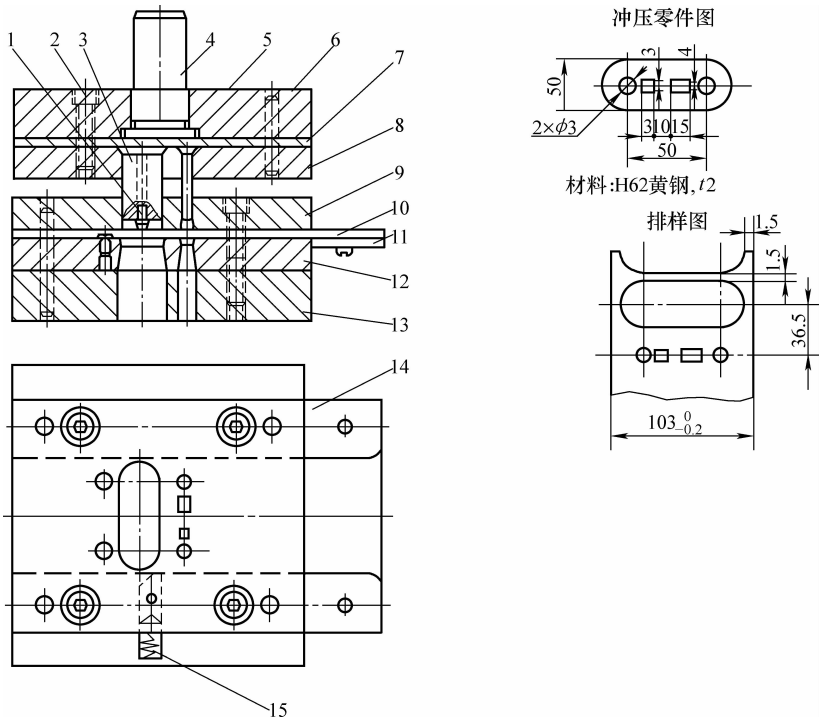


图2-7　孔板无导向固定卸料二工位连续冲裁模

1—导正销　2—螺钉　3—落料凸模　4—模柄　5—上模座　6—销钉　7—垫板　8—固定板
9—卸料板　10—导料板　11—承料板　12—凹模　13—下模座　14—导料板　15—始用挡料装置

4）这类冲模无安全防护装置及相关机构，是全钢冲模中操作安全性较差的，操作中必须多加小心。如果在模具上加设防护栅（屏）就好多了。

设计时应特别注意的几个关键环节：

（1）确定搭边与沿边宽度　按照冲压零件图或其展开毛坯图设计排样图，确定其冲压工艺工步，并按其材料种类、供应状态，校核和查对其搭边、沿边宽度；结合采用的送料方式，节制进料系统设置，确定挡料搭边强度、搭边框在挡料送进过程中的刚度。注意不要因搭边过小而在冲压过程中产生变形，甚至拉入凹模洞口，影响生产。

（2）确定凹模周界　对冲裁模而言，按排样图给定的搭边与沿边宽度及落料凹模洞口、冲孔凹模洞口的工位与边距，再依冲压零件图或展开毛坯图的尺寸，确定凹模上表面如下几个关键尺寸：

1）冲裁模孔的设计壁厚 t_m 及允许最小壁厚 t_{min}。通常情况下，主要通过查阅手册资料或用常规强度计算法，确定冲裁模孔间壁厚 t_m 值，只要 $t_m>t_{min}$ 即可。如果 $t_m\leqslant t_{min}$，必须采取强化措施或增加空挡工位，加大 t_m 值。

2）冲裁模孔距凹模边缘的最小厚度 t_{min}。一般取经验数据，不用计算。因为在多数情况下，在套用标准规格之后，这个数值总要放大许多，最后选定的凹模尺寸，其模孔刃口的边距值 t_n，总是比允许的 t_n 值大得多。因为凹模周界的标准规格是按一定而且是较大的间隔设定的，选择时还可依需要放大 t_n 值，故可不考虑。

3）紧固孔与模孔刃口间允许最小壁厚 G_{min}。典型组合标准中，已充分考虑了各种规格的紧固螺钉孔、销钉孔的合适间距，以及这些紧固孔与凹模板边缘的合适边距。只要选用规格的凹模周界，配备的成套导料板构成的导料槽，适合冲压零件排样图的料宽或稍宽一些，均可保证其紧固孔与模孔刃间的壁厚 $G > G_{min}$ 值而不必多虑。

根据上述方法确凹模板的尺寸：长 × 宽，再查阅标准规格系列，就高弃低，确定凹模周界 $L_m \times B_m$ 值。

（3）冲模的送料定位系统的构成及设计　典型组合标准件没有给定冲模送料定位系统，必须在选定典型组合的规格之后，按冲压工艺及其排样图的实际需要，设计送料定位系统。

无导向固定卸料结构冲模的送料定位系统构成如下：

1）无导向固定卸料结构单工序冲模的送料定位系统。这类冲模无论是分离还是成形作业，只有一个工位，大多采用固定的定位板、挡料板、挡料销，对送进材料、半成品进行限位或挡料定位。

除定位板、成形挡料板，需依冲压零件或半成品定位部位外形进行设计外，其他定位装置，如各种形状的固定挡料销、不同安装位置及不同结构类型的活动挡料销等，均为标准零部件，可按冲压零件料厚、尺寸大小及需要选用。

2）无导向固定卸料多工位连续模的送料定位系统。这类冲模一般为 2 ~ 3 个工位，很少有超过 5 个工位的。其定位系统构成有如下几种：

①固定挡料销。条料入模的首件第一工位，用目测定位。第二工位及以后连续送进，均用固定挡料销，多为手工送料。

②固定挡料销配始用挡料装置。这种定位系统构成使用较广。超过两工位，每增一个工位再加一组始用挡料装置，多用板裁条料，手工送进。

③固定挡料销加始用挡料装置配导正销。这种定位系统在这类连续模中使用最广。导正销一般装在落料凸模端面，以提高冲压零件内孔与外廓的同轴度。

④侧刃配或不配侧压装置。对料厚 $t \leqslant 1$mm 的薄料、超薄料冲压零件，进距小而送料精度要求较高，又要连续不间断冲压的、小尺寸冲压零件用的连续模，多采用这种送料定位系统。侧刃可按需要选用带导头或不带导头的不同断面形状的各种规格。对于 $t \leqslant 1$mm 的冲压零件，推荐用带导向头侧刃的连续模。

（4）成形工位的设计。这类连续模也有各种成形作业工位，如浅拉深、弯角不大的弯形、翻边及压印、打凸等。通常均按单工序成形模结构设计，但其推卸系统都尽量简单，而且靠反顶实现模上送料携带出件，要求加厚导料板，以增大模具变形与出件需要空间。

（5）技术参数的选择、计算　首先核定冲压工艺确定的冲压力、冲压功及选定冲压设备的正确性与合理性，而后依冲压零件材料及其抗剪强度，查阅 GB/T 16743—2010《冲裁间隙》，确定冲裁间隙，计算凸、凹模刃口及模腔尺寸，考虑冲模总刃磨量；计算冲模的压力中心，计算合理凸模长度并与标准规格比对，考虑加固凸模的必要性。

（6）工作零件的强度校核　选定典型组合的标准规格后，标准中就给定了模具闭合高度 H_m、凸模长度 $L_{凸}$。按照标准规格给定的配套零件，设计确定采用的送料定位系统构成的

零部件及有关工艺参数，即可绘制冲模总装图。

在按照规定标准比例绘图，通常为1∶1、1∶2 等。绘图过程中，可进一步核实配套零部件与相关技术规格的正确性。

如有必要，还可校核凸模强度、刚度及凹模板抗弯强度。

2.4.4 固定卸料导板式冲模结构设计

这类冲模的标准典型结构，与无导向固定卸料结构冲模标准典型结构大同小异。从两者整体结构及其构成对比分析，主要差别如下：

1）有和无导向的差别。固定卸料导板式冲模将固定卸料板变成导板并兼有卸料功能，使冲模的冲压精度及使用寿命都比固定卸料无导向结构冲模提高一个档次。

2）操作安全性的差别。在滑块行程可调的压力机上，选用合适的行程，用固定卸料导板式冲模冲压，确保凸模不脱离导板模孔，又有下模表面的限位柱控制上模下行位置，操作工人的手进入不到模具工作区，即便无意接触到或伸到下模表面，也压不住手指，其操作安全性是众多普通全钢冲模中最好的。而固定卸料无导向结构冲模属于敞开式冲模；工作时凸模会脱开卸料板，操作工人的手若有意无意进入冲模工作区会诱发人身伤害事故。

3）安装调校要求不同。通常情况下，固定卸料无导向结构冲模对安装调校的要求很高，一般要求经验丰富、技术水平高的专业调整工，承担其在压力机上的安装、试模、调校。直到冲出合格冲压零件，才交付操作工生产。而固定卸料导板式冲模，因为有导板和限位柱的支承，一般操作工可以方便地将其安装在压力机上工作。

4）推广应用前景大不相同。据现场调研统计分析，多数冲压过程中的压手断指事故，都是因为使用无导向敞开式冲模和手工送料入模所致，特别是使用无导向固定卸料结构冲模，在开式曲轴压力机上冲压，由于滑块行程大而又不可调，冲模开启后，凸模离开卸料板在模具工作区形成一个很大的开启无防护空间，很易诱发事故。为确保安全生产，这类冲模本身应装设防护栅（屏）或在有安全防护的压力机上使用。迄今，多数采用国产中小型机械压力机的企业，大都不在冲模上装防护装置，怕操作工不习惯、妨碍操作；在压力机上安装安全防护装置，多数工厂则还无能力或不具备条件。在这种情况下，推广应用固定卸料导板式冲模势在必行，推广前景广阔；无导向敞开式冲模则面临淘汰。

冲模固定卸料导板式冲模的典型组合标准结构见图 2-8、图 2-9，与冲模固定卸料无导柱的典型组合标准结构相比，仅多了一对限位柱。前者的导板即后者的卸料板，但导板模孔与匹配凸模按基孔制 h5/H6 ~ h7/H8 配合制造，单边导向间隙≤0.01mm，属于无间隙或微间隙滑配合；而卸料板模孔与凸模之间的单边卸料间隙一般取冲压零件料厚 t 的10% ~ 50%，即（0.1 ~ 0.5）t，甚至更大，其卸料间隙绝对值一般为 >0.1mm。

固定卸料导板式冲模通常所采用的定位系统及其构成、节制送料方法，以及所有定位装置的标准零部件、标准紧固件、标准弹性元性等，都与固定卸料无导柱结构冲模完全一样。其选用典型组合标准设计法，也基本相同。

选用典型结构组合标准设计法，对于一些形状简单，需要工位数不多，尤其是各种类型平板冲裁零件，用固定卸料导板式连续模，设计与制造十分方便。对于比较复杂的连续模，要根据冲压零件的冲压工艺及其排样图的需要与要求，对其特殊的成形工位进行专门设计。

在每种典型结构组合标准中，除规定冲模结构形式外，还给定了一定适用范围的、成套

系列规格，每一个规格都给定了构成该指定结构形式的、成套标准与半标准零部件及其匹配尺寸，如模板尺寸、螺钉与销钉规格，每一标准规格冲模的主要技术规格：凹模周界 $L \times B$、凸模长度 $L_{凸}$、模具闭合高度 H 等。这非常有利于计算机辅助冲模 CAD 系统的构建。只要将各典型结构组合标准、给定的冲模结构形式、各标准规格构成零部件尺寸系列，分别存入图形库与数据库，然后应用参数化技术，就可方便地用选用典型组合标准法，设计给定的各种典型结构组合类冲模了。

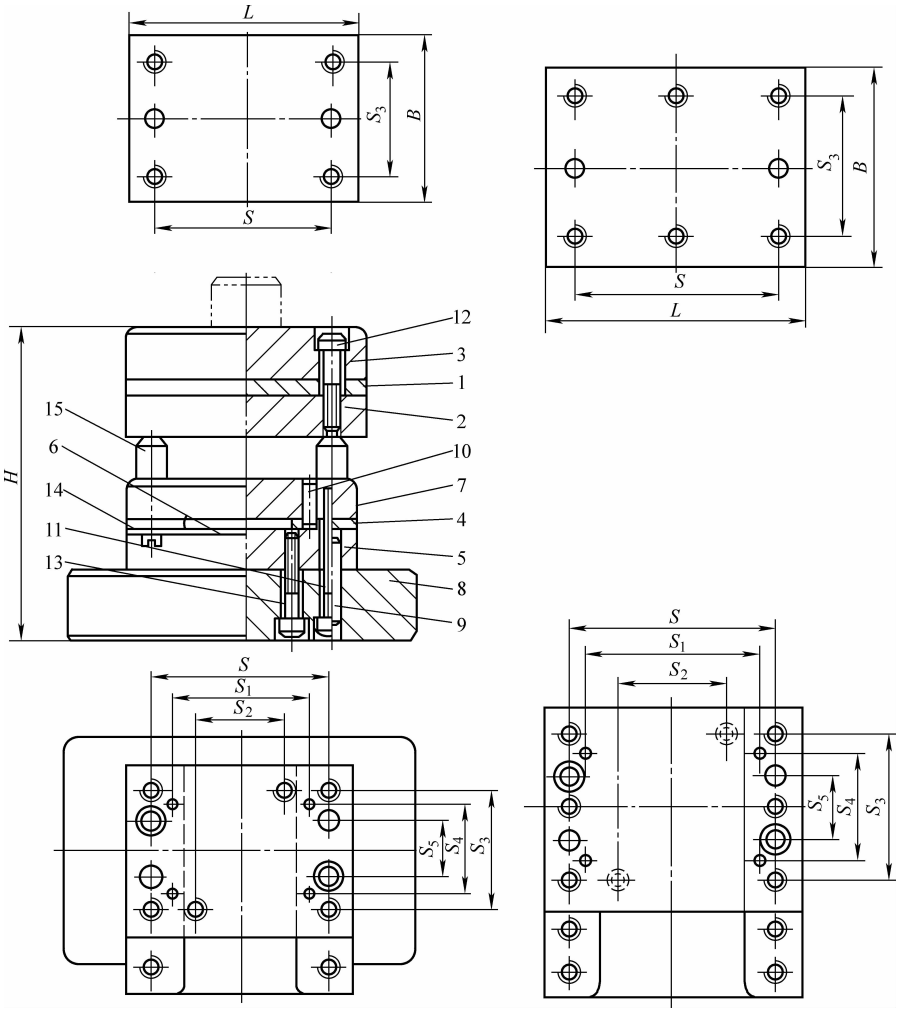


图 2-8　固定卸料导板式冲模纵向送料典型组合（摘自原 JB/T 8068. 1—1995）

1—垫板　2—固定板　3—上模座　4—导料板　5—凹模　6—承料板　7—导板

8—下模座　9、10—销钉　11、12、13—内六角螺钉　14—圆柱头螺钉　15—限位柱

实例 1

图 2-10 所示固定卸料导板式落料模，是标准的固定卸料导板式纵向送料冲裁模一类的通用典型结构，除凸模外，全部为标准件和半标准。如果以选用典型组合标准设计法设计，则十分简便。

（1）确定设计冲模的结构类型并选用典型组合标准

1）根据冲压零件图进行工艺分析。确认冲压零件的材料种类及其供应状态，冲压零件

的形状、尺寸、料厚、要求冲压尺寸与几何精度等。经工艺分析找出冲压加工难点及其对冲压加工的适应性。

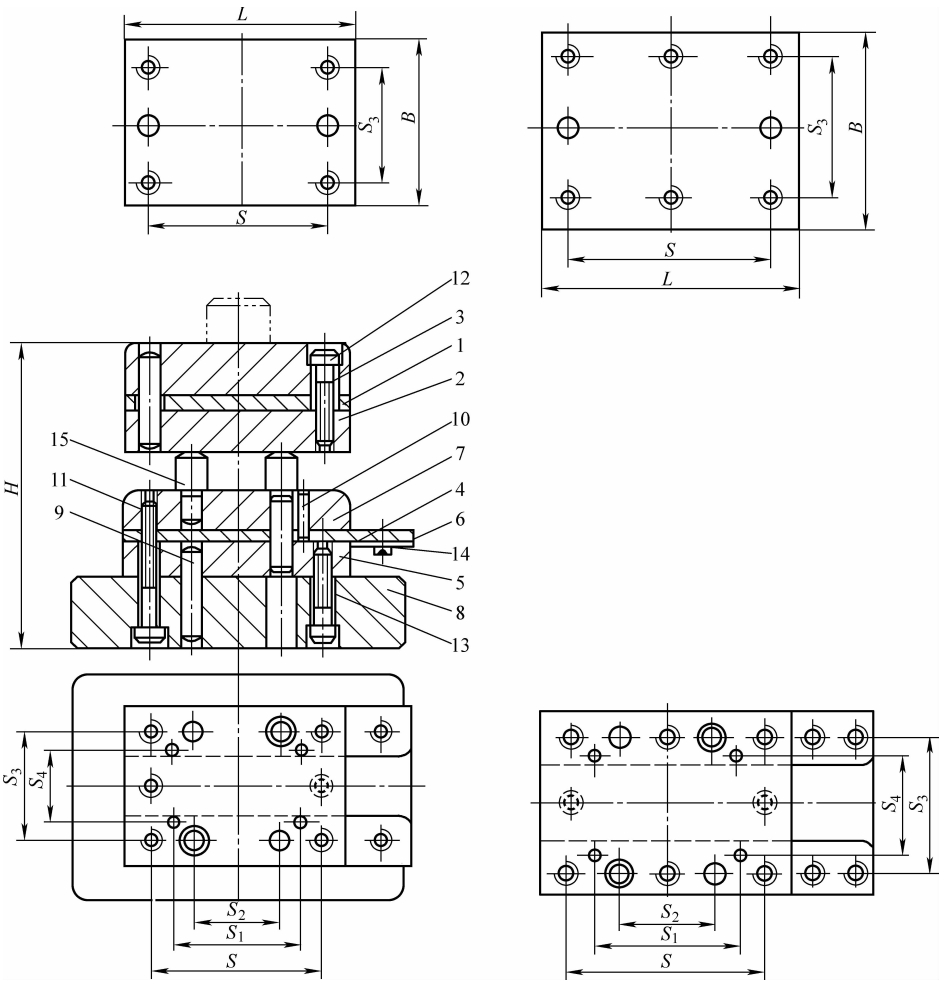


图 2-9　固定卸料导板式冲模横向送料典型组合（摘自原 JB/T 8068. 2—1995）

1—垫板　2—固定板　3—上模座　4—导料板　5—凹模　6—承料板　7—导板　8—下模座

9、10—销钉　11、12、13—内六角螺钉　14—圆柱头螺钉　15—限位柱

2）按照冲压零件的全套工艺文件及排样图、冲模设计任务书的要求，确定所设计冲模的冲压工艺作业工序及要完成的冲压加工任务。

3）选定冲模结构类型、结构形式及其相应典型组合标准。

（2）确定冲模的凹模周界长×宽（$L \times B$）　根据该冲压零件及其排样图，考虑凹模刃口距凹模相应部位合理边距，以及导料板的宽度，在保证凹模刃口与最近紧固孔有合理壁厚的情况下，可估算出凹模的 $L \times B$ 尺寸，为套用、选定标准规格提供依据。

（3）确定送料方向　选用纵向送料还是横向送料，要考虑现场操作工人的操作习惯和工作舒适度。大多数工厂的冲压工，在冲制中、小尺寸冲压零件时，喜欢靠近压力机工作台正面，以便不伸腿只需抬脚即可控制脚踏开关和操作压力机。不仅可以坐在工作椅上，轻松操作，而且可使手、脚配合准确，不易疲劳，不会发生配合失误，出现误操作。在这种情况

下，采用横向送料形式的冲模结构更合适。

对于料厚较大，使用条料又宽，而且进距又大的平板冲裁件，由于整条料很重，横向单手送料吃力，时间长了易疲劳。在需要站着操作或两人合作操作压力机等情况下，应选用纵向送料的冲模结构形式。

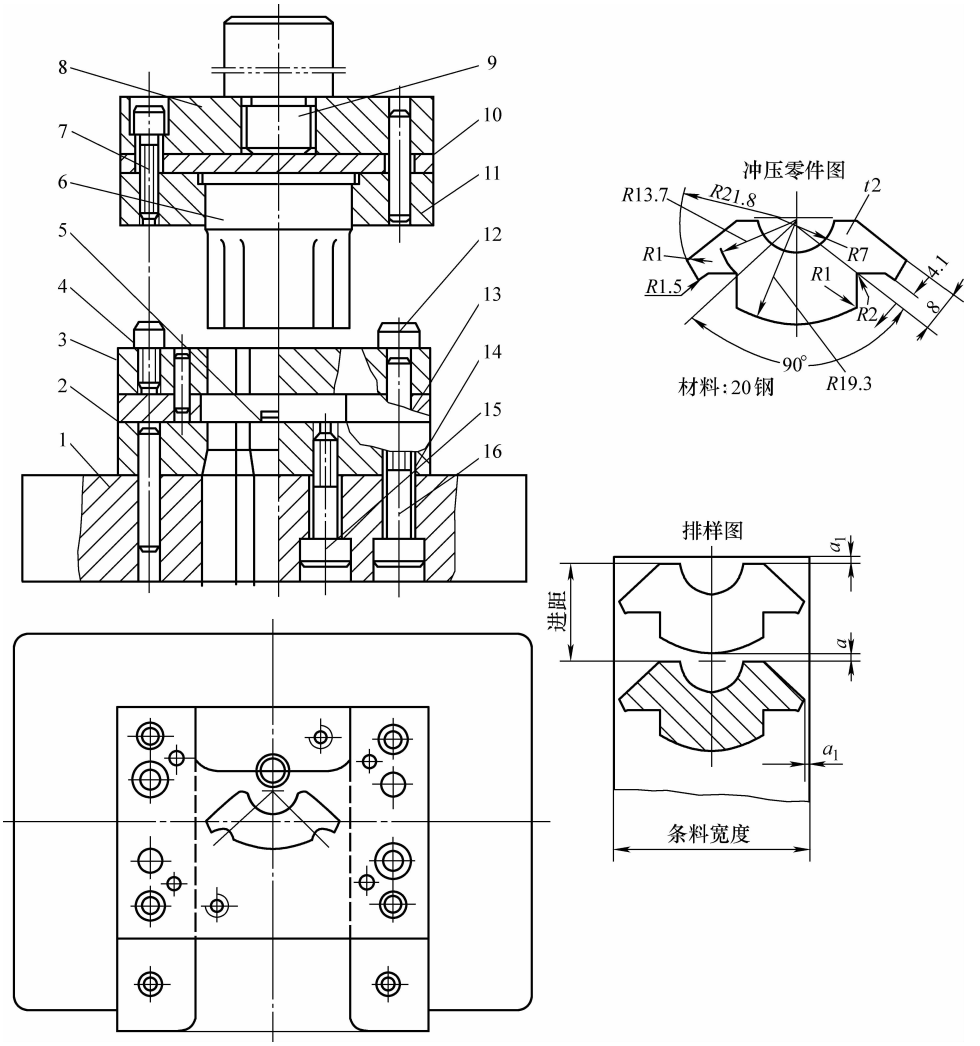


图 2-10　固定卸料导板式落料模

1—下模座　2、4—销钉　3—导板　5—固定挡料销　6—凸模　7、15、16—螺钉
8—上模座　9—模柄　10—垫板　11—固定板　12—限位柱　13—导料板　14—凹模

（4）选定标准规格　根据选用典型组合标准，按需要凹模尺寸估算凹模周界 $L \times B$，依据就高弃低的原则，选定合适标准规格。

（5）结构计算及强度校核　根据选定典型结构的标准规格及其成套零部件尺寸，进行必要的结构计算。

1）冲模的压力中心的计算。

2）凸模、凹模的刃口尺寸的计算。在计算刃口尺寸之前，先按冲压零件材料种类及其抗剪强度、料厚等参数，查 GB/T 16743—2010《冲裁间隙》，确定冲裁间隙 C（单边）值。

如采用电加工制模工艺，并先制凹模，可仅计算凹模刃口尺寸而后配制凸模，如先制凸模则相反。通常对落料凹模，都根据冲压零件尺寸及其公差先算好凹模刃口尺寸。

3）导板、固定板模孔尺寸的计算。计算前先按冲裁件尺寸，对照选定标准，给定凸模长度 $L_{凸}$，设计出凸模加工图；然后选定导板模孔与凸模刃口段配合精度等级，凸模固定段与其固定板模孔配合等级，查阅有关公差配合资料，进行计算。

如有必要，可对凸模、凹模的抗压强度及抗弯刚度进行常规校核。

实例 2

图 2-11 所示为德国一仪表厂在生产中使用的一套固定卸料导板式连续冲裁模。这种冲模在国内通称导板模，源于德国，至今在德国仍广泛使用。

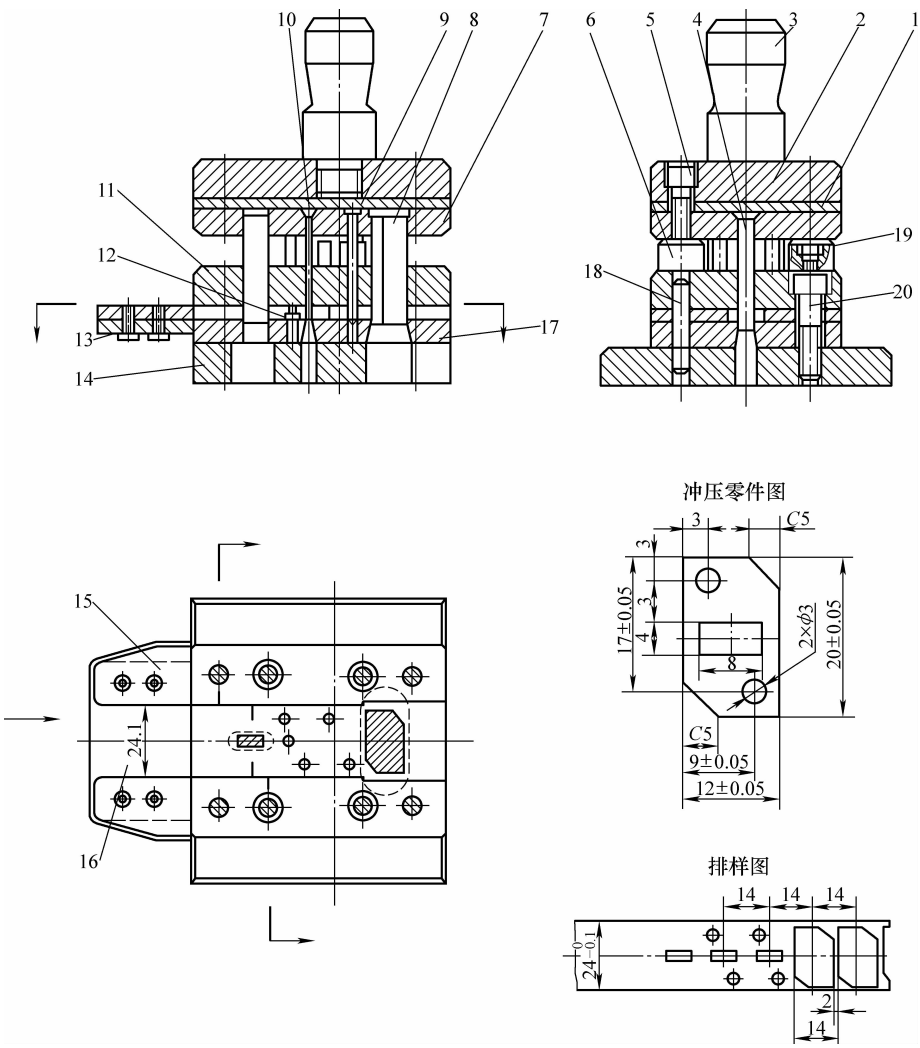


图 2-11　仪表底板冲裁件固定卸料导板式连续冲裁模

1—垫板　2—上模座　3—模柄　4—冲矩形孔凸模　5、13、19、20—螺钉　6—限位柱　7—凸模固定板　8—落料凸模　9、10—冲圆孔凸模　11—导板　12—固定挡料销　14—下模座　15—导料板　16—承料板　17—凹模　18—销钉

图 2-11 中仪表底板冲裁件（H68 黄铜）的料厚 $t = 1.5\text{mm}$，有较高的尺寸精度要求。由于该平板冲裁件只有三个内孔，最小的两个孔直径为 $\phi 3\text{mm}$，其孔边距 $B = 1.5\text{mm} = t$，十分薄弱。选择固定卸料导板式连续冲裁模，分两工位冲制，先冲孔而后落料，而且三个孔，可分工步冲出，保证冲孔凹模具有更大的壁厚、更高的强度，从而使冲模达到更高的寿命。结构定型而又简单的固定卸料导板式连续模的标准化程度达 80% 以上，其零部件商品率不低于 75%，需要按加工图样作为非标准零部件加工的，只有冲矩形孔的凸模及凹模板、导板及凸模固定板三模板上的模孔，需要叠齐后用电火花线切割一次加工出来。其他所有标准零部件，全可就近市场购得。因此，制模费用低而制模周期更短。

该工件的排样采用单列直排，取搭边 a 与沿边 a_1 的宽度相等，即 $a = a_1 = 2\text{mm}$。由于工件为近似矩形，在两个 90°斜对角内各有一个 $\phi 3\text{mm}$ 的孔，孔边距为 $1.5\text{mm} = t$。工件中的宽 × 长为 4mm × 8mm 的矩形孔，虽然其边距和与 $\phi 3\text{mm}$ 圆孔的孔间距都是 2mm，但其沿矩形孔宽 4mm 边长均为 2mm 壁厚，亦显得较为薄弱。因此，连续冲裁排样图设计采用先冲 4mm × 8mm 矩形孔，接着冲两个 $\phi 3\text{mm}$ 的孔，最后落料。考虑有一个冲 $\phi 3\text{mm}$ 的凹模孔，距落料凹模太近，计算此处的凹模壁厚 $\leqslant (1.5 + 2)\text{mm} = 2.5\text{mm}$，对于 $t = 1.5\text{mm}$ 的工件来说，连续冲压时 3.5mm 厚的刃口，两面同时受到较大的冲裁压力，很易磨损和损坏。故在两工步之间即落料之前，加一个空挡工位，把凹模加长，凹模刃口壁加厚一个进距 $S = 14\text{mm}$。由于矩形孔大而且又在两圆孔中间，故先冲矩形孔，便可消除矩形孔凹模刃口距两个 $\phi 3\text{mm}$ 圆孔和工件外廓落料刃口过近、间距过小的缺点。同时，利用矩形孔挡料定位和对送料进距限位，省去了始用挡料装置和落料工位挡料销，简化了结构。最后排样为四工位，详见图 2-11 中排样图。这便是该冲模结构设计巧妙之处。

实例 3

图 2-12 所示环夹固定卸料导板式七工位连续复合模，是一套结构较复杂的小型立体成形件连续冲压一模成形的典型实例。

当选用典型结构组合标准设计法设计这类冲模时，要在模芯部分的设计上，注意处理好以下几个关键环节：

（1）工艺分析　对冲压零件的工艺分析要细致、到位。这类小型立体形冲压零件一般尺寸精度要求不高，关键在于如何冲压成形，如何从模具上推卸出冲好的工件，而又不损伤工件，寻找出冲压加工的难点与重点，以及连续冲压的可行性与不可行性。

应该对冲压零件的冲压加工适应性进行细致分析，对上述诸问题逐个解决，工艺分析到位，为冲压工艺编制、冲压工艺过程及冲模结构设计奠定基础。

（2）排样图设计　排样图设计是重要环节。在冲压工艺过程设计中，常常要经过多个工艺方案的对比选优。一旦确定冲压工艺流程和具体方案，就用设计出的排样图表示出用连续冲压的方法及一模成形的各工步与工位。因此，排样图是连续模结构设计的重要依据。

图 2-12 中所示排样图明确表示出以下各点：

1）原材料宽度为 48.5mm。

2）总计工位为七个，而冲压工步数为 5 个，有两个空挡工位。

3）冲压工步及其排列为：

第一工位冲两个 $\phi 10.5\text{mm}$ 圆孔，为第一冲压工步。

第二工位冲去夹环中间 7mm × 5mm 连接带的四周废料，为第二工步。

第三工位切开夹环两个 $\phi 20\text{mm}$ 外圆，留着中间 7mm × 5mm 连接带，以便用送进原材料

携带工件到以下各工位冲压，为第三工步。

第四工位为空挡。

第五工位弯形，为第四工步。

第六工位为空挡。

第七工位切断分离并将其推卸出模，为第五工步。

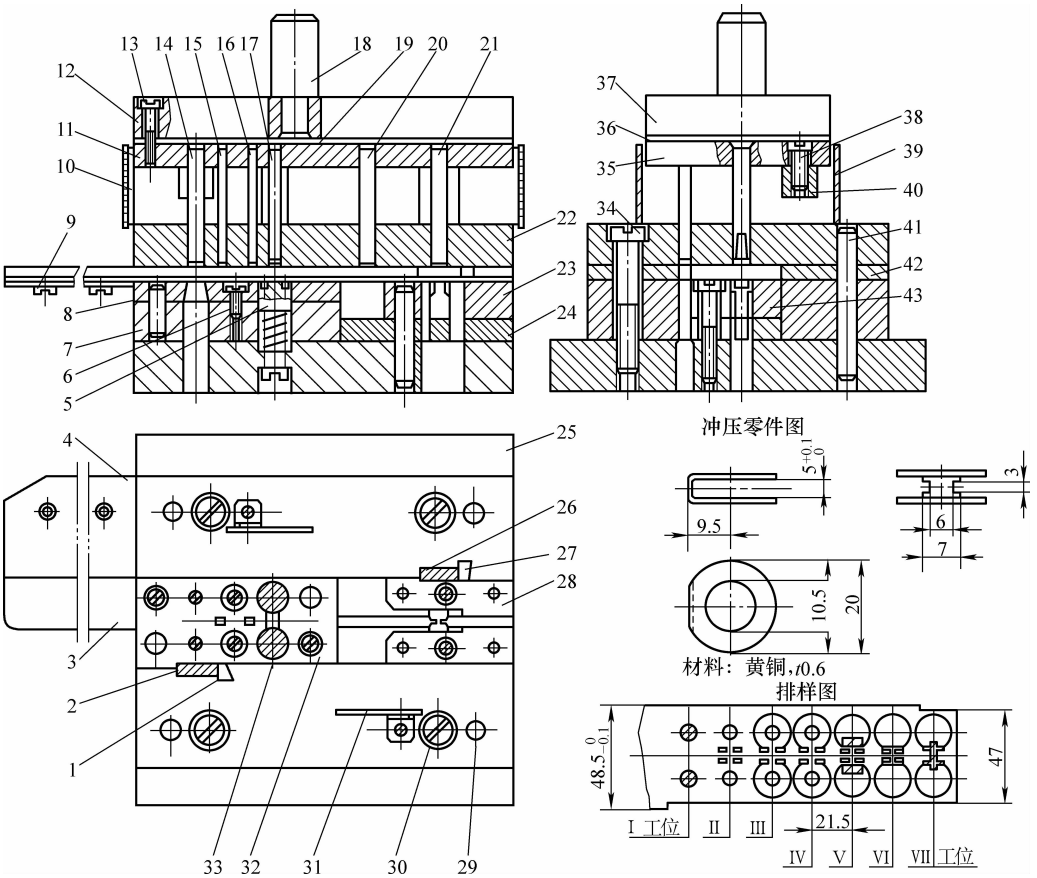


图 2-12　环夹固定卸料导板式七工位连续复合模

1、27—侧刃挡块　2、26—侧刃　3—承料板　4、42—导料板　5—弹顶垫　6、9、13、30、34、38—螺钉
7、19、24、36—垫板　8—凹模　10、31、39—防护栅　11、35—固定板　12、37—上模座
14、15、16、17—冲孔、冲裁凸模　18—模柄　20—弯曲上模　21—切断凸模　22—导板
23—凹模框　25—下模座　28—拼块　29、41—销钉　32—冲裁凹模拼块　33—切开凸模
40—限位块　43—切断凹模拼块

4）送料定位系统，由双边错开布置的两组矩形侧刃组构成。

5）侧刃切除原材料料边宽度为（48.5mm－47mm）÷2＝0.75mm。

6）送料进距 $S=21.5\text{mm}$。

7）搭边宽度 $a=21.5\text{mm}-20\text{mm}=1.5\text{mm}$。

8）沿边宽度 $a_1=(47\text{mm}-45\text{mm})\div 2=1\text{mm}$。

9）在模具送料入口，冲模导料槽尺寸即两导料板间距 $B_{导}=48.5\text{mm}+0.1\text{mm}=48.6\text{mm}$。

10）冲模承料板沿送料方向长度 $L_{承} \geqslant (2 \sim 3)S = 43 \sim 64.5\text{mm}$。

（3）凹模的结构形式选择及设计　连续模制造多采用主凹模制造工艺技术，即先制造凹模，凸模按凹模配制。由于连续模的凹模有多工位凹模孔、模腔构成的凹模板，而众多凸模是以工步（工位）逐个与凹模匹配的。因此，凹模的设计，特别是各工位的刃口、模腔的尺寸计算与标注十分繁琐而要求严格。

该冲模的凹模采用冲裁与成形分割拼合的结构形式。第四工位以前采用整体拼合，第五至七工位采用按工位镶拼组合。前者考虑第三工位切开部位，要用下部弹顶垫将切开工件部位反向顶回原搭边框中，以便送料携带；后者则考虑弯曲及推卸成品工件需要较大空间。

（4）确定凹模周界 $L \times B$　根据排样图所示料宽、工位数、进距 S 及侧刃断面尺寸，估计导料板的宽度，可以初定凹模周界 $L \times B$。而后选择送料方向，便可查阅选定典型结构组合的相应标准，按估算凹模周界，就高弃低，选定标准规格。

2.4.5　导柱模架固定卸料纵向或横向送料冲模结构设计

这类冲模按原 JB/T 8065.3—1995、原 JB/T 8065.4—1995 的规定，是配用模架的，而且绝大多数配用滑动导向导柱模架。因此，这类冲模的结构全称应为滑动导向导柱模架固定卸料纵向或横向送料结构冲模。由于连续模在这类使用甚广的冲模结构设计中，具有代表性与典型性，故选择各种有特色且经生产考验过的、滑动导向导柱模架连续冲裁应用实例，说明选用典型组合标准设计法、设计这类冲模的过程及其结构设计的关键环节和应注意的事项。

1. 纵向送料结构形式的冲模设计

图 2-13 所示为开关接线板对角导柱模架固定卸料纵向送料连续冲裁模。该冲模依选用典型组合标准设计法设计，可以按凹模周界估算值选定标准规格、凹模周界尺寸（长 × 宽，$L \times B$）的数据、图 2-13 俯视图中所示的两工位冲裁模排样图，考虑条料宽度，加上两导料板宽度，即可大致算出所需凹模宽度。在计算所需凹模长度时，应先计算出冲模的压力中心，这是由冲压零件形状决定的，如这样细长脚、直角形冲压零件，其重心位置必然偏移在工件外，二工步三工位冲压力合拼后的压力中心，会在两工步之间。确定压力中心后，再考虑落料凹模刃口的合理边距，保证凹模在压力中心两边长度相当，即可大致确定凹模需要最小长度 L_{min}。按估算凹模周界选定标准规格，只能将 $L \times B$ 放大，不能减小。

该冲模的结构设计在以下几方面均为典型组合标准规定以外，必须由设计人员构思、设想、设计的。

（1）冲模的送料定位系统　为节省金属材料并提高凹模强度，该冲压零件虽只需冲孔、落料两个工步，但因料头特大而搭边较小、进距 S 也较小、群孔与外廓要保证较好同轴度，故应保证送料进距偏差要尽量小；同时，只有拉开冲孔凹模刃口与落料凹模刃口的距离，才能加大凹模刃口壁厚增加其强度。因此，在落料与冲孔两工步间加一个空挡工位，变成三工位两工步连续冲裁。为保证送料精度，采用侧刃切边定位，控制送料进距，另配侧压装置，使送入条料不偏斜。于是，该冲模的送料定位系统由一组矩形侧刃与侧刃挡块组件、侧压装置部件构成。送料的进距 S 精度可达 $\pm 0.15\text{mm}$，甚至更小。

（2）加固细长小凸模　该冲压零件料厚 $t = 2.5\text{mm}$，要冲 5 个 $\phi 3\text{mm}$ 小孔，凸模细长，应予加固。通常是将小凸模杆部按（1.8 ~ 2）d（冲孔直径）加粗成二台阶式凸模，如需将杆部再加粗成为三台阶凸模，则固定段即第三台阶可按（3.5 ~ 4）d 加粗。无论细长小凸模

加固成二台阶或三台阶，其刃口工作段长度以（5～7）d 为宜。如有必要，对凸模的抗压强度与抗纵弯刚度进行校核。

（3）小凸模的卸料板导向　为保护小凸模承载后不产生纵弯折断，可将加固后的凸模杆部，接近其刃口工作段，插入加厚的卸料板匹配模孔中，并采用微间隙滑配合，在凸模冲孔承载时对凸模杆部有一个可靠的横向支承。

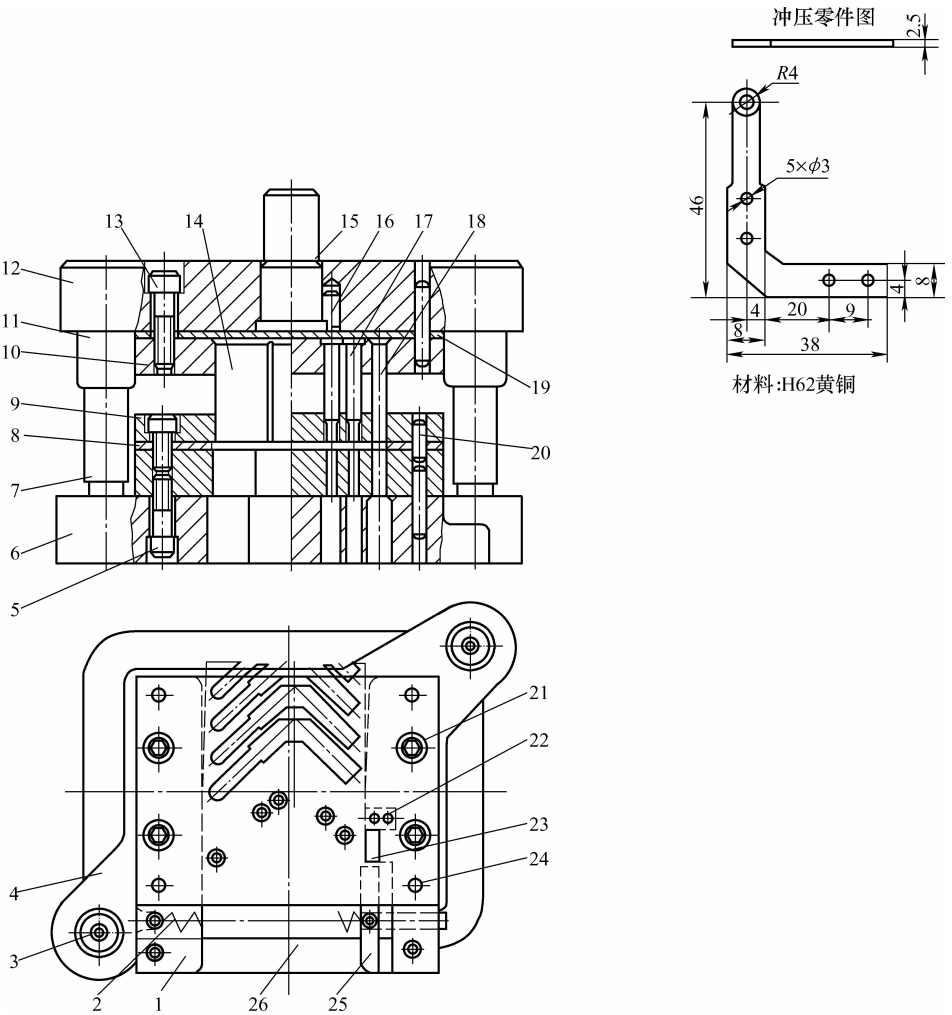


图 2-13　开关接线板对角导柱模架固定卸料纵向送料连续冲裁模

1、8—导料板　2、25—侧压装置　3、7—导柱　4、6—下模座　5、13、21—螺钉
9—卸料板　10—固定板　11—导套　12—上模座　14—凸模　15—模柄　16、20、24—销钉
17—冲孔凸模　18、23—侧刃　19—垫板　22—侧刃挡块　26—承料板

2. 横向送料结构形式的冲模设计

图 2-14、图 2-15 所示两套对角导柱模架固定卸料连续冲裁模与图 2-13 结构不同，为横向送料结构形式，而且送料定位系统是由固定挡料销配多个始用挡料装置构成，结构上具有一定特点与典型性。

由于典型组合标准中，依凹模周界 $L \times B$ 的尺寸选定标准规格，并以不同规格分别给定成套标准及半标准零部件及其类型、尺寸、材料和热处理硬度。而凹模周界 $L \times B$ 的尺寸系列，均来自标准模板半标准件，其紧固孔、模孔要按选用典型组合标准的具体规格，加工紧固孔；模孔则按设计的加工图另行加工。

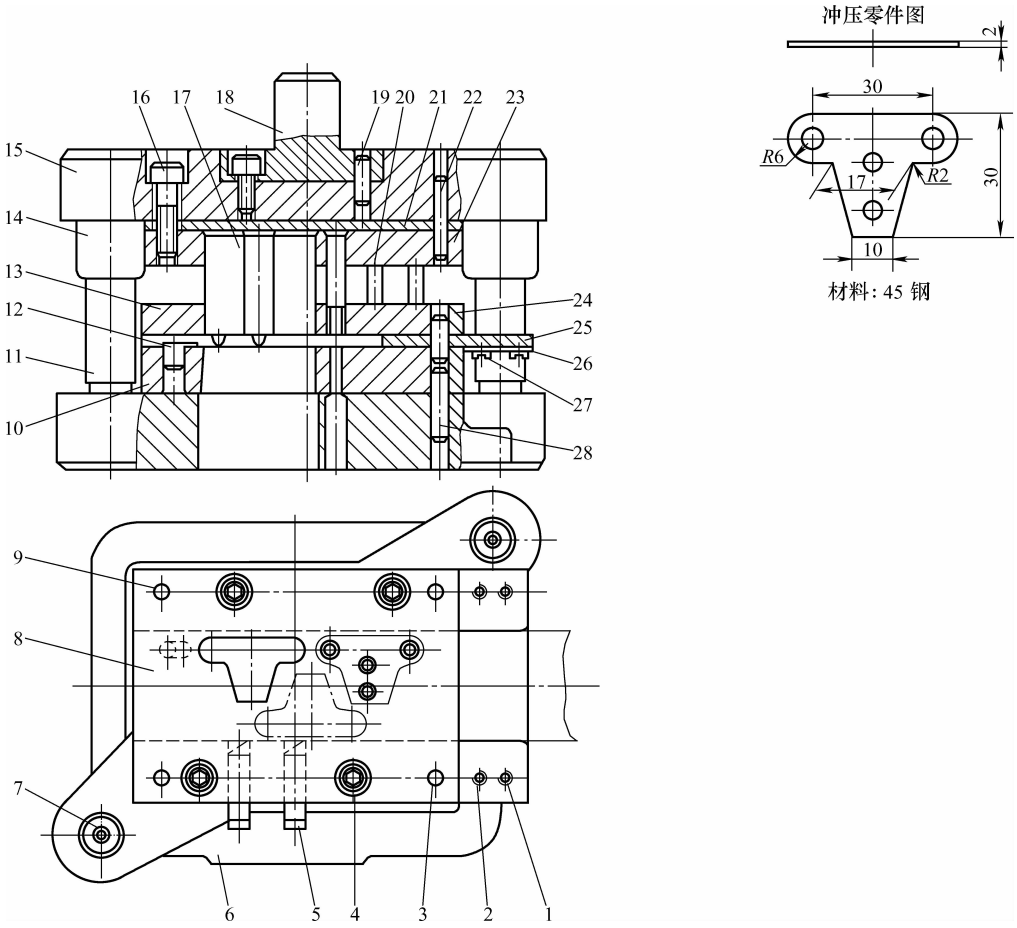


图 2-14　扣板对角导柱模架固定卸料横向送料连续冲裁模

1、25—导料板　2、4、16、27—螺钉　3、9、19、22、28—销钉　5—始用挡料装置　6—下模座　7、11—导柱　8、13、24—卸料板　10—凹模　12—固定挡料销　14—导套　15—上模座　17—凸模　18—模柄　20—冲孔凸模　21—垫板　23—固定板　26—承料板

标准模板的尺寸系列，如矩形凹模板的长度 × 宽度（$L \times B$）即凹模周界，其尺寸系列都是以 $\sqrt{10} \times 10 = \sqrt{1000} = 31.6$ 为基数，再乘以公比 1.25 获得尺寸系列。标准矩形凹模板尺寸系列见表 2-1。

标准给定的凹模周界 $L \times B$ 使相邻两规格间有较大的尺寸间隔，有时其凹模周界在结构设计中，因加设标准以外的辅助装置后，就显得不够合适。在这种情况下，可按需要设计凹模板，而不必受标准制约。但标准给定其他配套零部件，仍可参照选用。

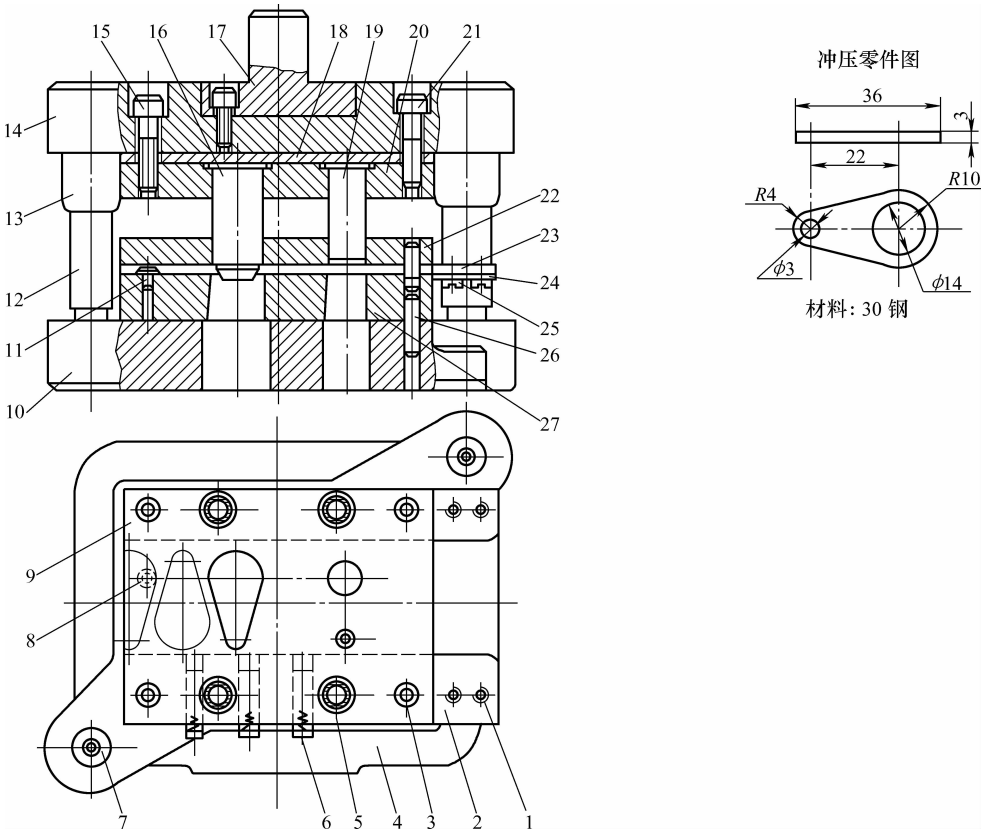


图 2-15　垫片对角导柱模架固定卸料横向送料连续冲裁模

1、5、15、21、25—螺钉　2、23—导料板　3、26—销钉　4、10—下模座　6—始用挡料装置
7、12—导柱　8、11—固定挡料销　9、22—卸料板　13—导套　14—上模座　16—凸模　17—模柄
18—垫板　19—冲孔凸模　20—固定板　24—承料板　27—凹模

表 2-1　标准矩形凹模板尺寸系列

基数 $\sqrt{10}\times10=\sqrt{1000}=31.6$	乘以公比 1.25 后的结果	凹模周界尺寸系列		备　注
		L/mm	B/mm	
31.6	39.5≈40			
40	50		50	
50	62.5≈63	63	63	
63	78.75≈80	80	80	
80	100	100	100	
100	125	125	125	（140）标准注明尽可能不用
125	156.25≈160	160	160	
160	200	200	200	
200	250	250	250	（280）标准注明尽可能不用
250	312.5≈315	315		

图 2-16 所示为锁垫对角导柱模架固定卸料横向送料四工位连续冲裁模。该冲压零件形状复杂，尺寸精度要求较高，而且零件材料为强度大、硬度高的合金结构钢（弹簧钢）65Mn。

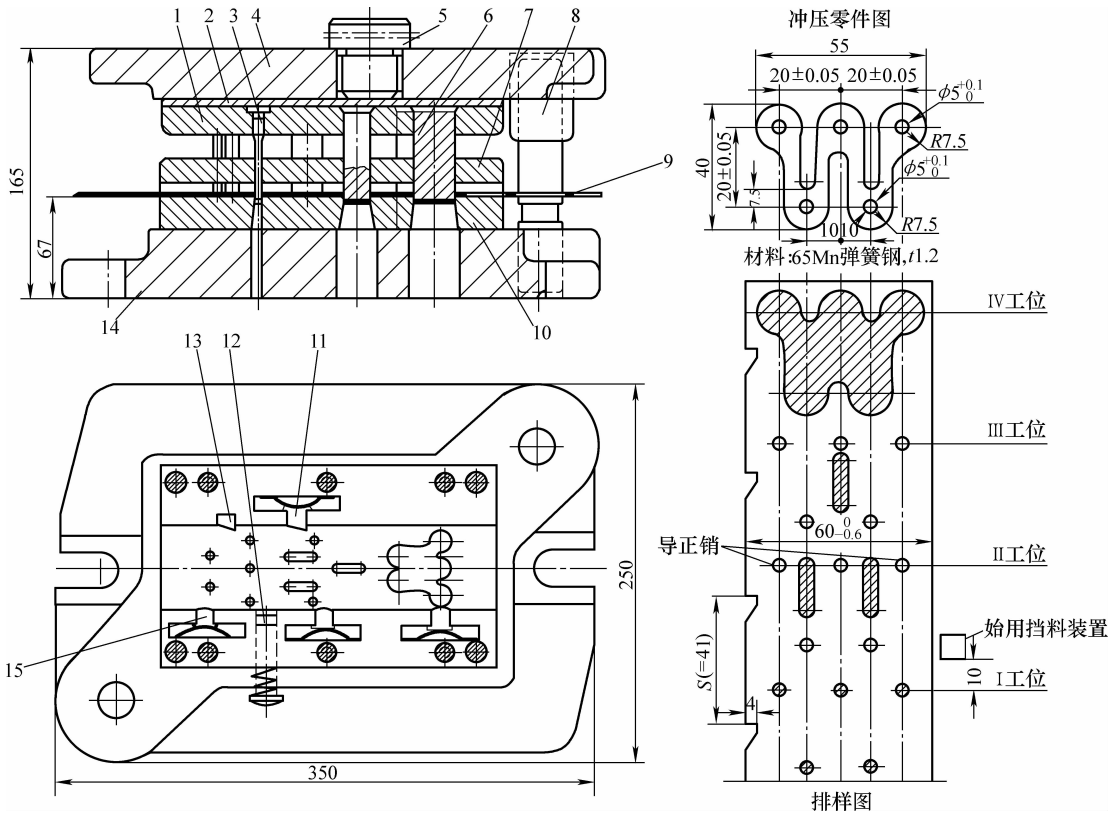


图 2-16　锁垫对角导柱模架固定卸料横向送料四工位连续冲裁模

1—固定板　2—垫板　3—冲孔凸模　4—上模座　5—模柄　6—凸模　7—卸料板　8—导柱　9—搭边框　10—凹模　11—侧刃挡块　12—始用挡料装置　13—侧刃　14—下模座　15—侧压装置

对冲压零件进行工艺分析可知，采用分序多模冲制，不仅生产率低，关键是达不到冲压零件尺寸与几何精度要求，特别是群孔、群槽孔与外廓的同轴度，（20 ± 0. 05） mm的孔距等，较难保证。同时，冲压零件的一致性及互换性差，会给产品装配带来困难。采用复合冲裁模冲制，冲压零件的精度及互换性都可达到更高水平，满足技术要求。但由于群孔直径 d 为 ϕ5mm，长槽凹口宽仅 5mm，长达 25mm，两槽口间壁厚也仅 5mm，而且是三个槽口并排，这给复合冲裁模结构设计与制造都会带来难以克服的困难，复合模寿命无法保证。用多工位连续冲裁模冲制，不仅生产率高，而且工件一致性好，互换性强。唯一不足是，冲压精度不易保证。为此，该冲模的结构设计采用如下措施：

1）用侧刃切口控制送料进距，控制送料进距 $S = 41\text{mm} \pm 0.15\text{mm}$。

2）设导正销校准送料进距，$S = 41\text{mm} \pm 0.04\text{mm}$。

3）设侧压装置使送进带料紧靠导料板导向一侧。

4）控制入模带料宽度为 $60_{-0.6}^{0}\text{mm}$。

2.5 用典型组合标准设计连续式复合模

直接由板、条、带、卷料用多工位连续式复合模，一模成形冲制出形状复杂、尺寸与几何精度高、一致性好且互换性强、用其他加工办法根本无法加工的轻型结构零件，是目前大力推广应用的冲压技术。

与传统板料冲压技术相比，用多工位连续模及连续式复合模一模成形冲制的冲压零件，不仅使用冲模数量大幅减少，生产率成倍增长，更主要的是比传统的分序多模冲制的冲压零件质量好，工艺流程短，耗用人力物力少，占用机床及生产面积少，操作安全又便于实现冲压过程的机械化与自动化，且生产成本大幅下降，故各种连续模的应用日趋广泛。

2.5.1 连续模及其结构特点

通常按冲模冲压工序（步）的组合程度和方式，将普通全钢冲模分为：单工序冲模（亦称单冲模）、连续模、复合模三大类。随着模具市场的开放，这种简单的冲模分类法，已不适应冲模及其零部件作为商品参与市场流通的需要；难以准确计算制模工时，无法确定准确制模周期；不能确定各方认同的冲模造价，无法对冲模进行造价概算、预算及最终决算，给冲模供销合同签约及实施造成困难。冲模分类的细化已势在必行。在生产现场，冲模的分类多数是在上述简单分类法的基础上，结合冲模完成冲压工艺作业性质给予分类和命名的。单工序冲模可分为冲孔模、落料模、弯曲模、拉深模、翻边模等；在连续模中，用于冲孔—落料的连续模称连续冲裁模，进行冲孔多次拉深—落料的冲模称连续拉深模等；对于复合模，如果只是冲孔、落料复合冲裁则称为复合冲裁模，而对落料拉深又冲孔的复合模，才称为拉深复合模。这种分类法虽进了一步，但未能表明冲模结构形式、工位数目以及主要工艺技术功能。

众所周知，在机械压力机滑块的一次冲压行程中，在多个工位上完成多个不同而连续冲压工步的连续模，具有与单工序冲模和单工位复合模完全不同的工艺技术功能与结构特点。

1）绝大部分连续模都采用有搭边排样，进行有废料冲裁，而且搭边宽度比相当单工序冲模和复合模的冲压零件排样搭边要稍大一些。

2）无论使用条、带、卷材等哪一种原材料冲压，也不管采用手工送料还是自动送料，操作者都只能在模具工作区之外操作，故连续模操作安全性好。

3）连续模要不间断冲压，便于实现冲压过程的机械化与自动化。

4）连续模均设有良好的送料定位系统，能保证各工位对送进材料或半成品准确定位，确保冲压零件质量高，互换性强。连续模的定位系统通常采用以下几种方式：

①固定挡料定位系统。由固定挡料销（定位板）加始用挡料装置构成定位系统，多用于料厚 $t>1$mm 零件，五工位以下的连续模，定位精度较低，送进误差≥ ±0.3mm。

②侧刃切边定位系统。由数量不等、不同截面形状与结构的定距侧刃，配或不配侧压装置构成的侧刃切边定位系统，多用于料厚 $t\leqslant 1$mm 的薄料多工位连续冲压，定位精度较高，送进误差≤ ±0.15mm。

③导正校准定位系统。由导正销、导正凸模、专设工艺定位孔配导正销等装置，对送料进距进行校准精确定位，通常与固定挡料系统或侧刃切边定位系统配合，构成成套精准定位系统，可使送进误差≤ ±0.04mm。

5）连续模工位间送料方式，即模内各工位送进方式是结构设计的重要组成部分，通常采用如下几种方式：

①直送法。原材料入模，自动或手动直接送到各工位。这种方法适用于具有群孔的冲裁件，采用分工位冲裁，最后组合在一个工位上落料为成品冲压零件。各工位无直接关系，如冲孔、冲槽孔……落料。连续冲裁模多属于工位少、形状简单的冲压零件用连续模。

②携带法。形状复杂、具有细小长悬臂的冲压零件采用连续模冲压，多采用分次冲去结构废料或搭边的方法，将工件留在条料上，用送进原材料携带工件至各工位连续冲压，最后工位切断或落料出件；另一种方法是冲孔、整体落料，将落料工件从凹模中顶回，嵌入到原材料搭边框内，用送进原材料携带至下一工位成形。上述分切式与嵌入式携带法，只适用于连续模诸工位都在同一平面且沿送料方向直线排列，否则便不能实施。

③传递法。需要长弯边、多向弯曲及拉深、翻边成形的冲压零件，当采用连续模冲制时，冲压零件弯曲或拉深成形，需要有较大冲压工作空间，需要整体落料的展开毛坯，从冲孔后落料的凹模洞口下推出，由专用楔传动推送机构，推送毛坯到下一工位成形。如果展开毛坯由专用落料模提供，则可用楔—料斗—滑板的送料装置，用料推料的方法，将料斗下漏出的毛坯，逐件推送至各工位，进行连续冲压。上述推送与料推料两种传递法，都需要专用送料系统。特别是推送传递法，其冲模的各工位布局不仅不在一个平面上，而且总体呈 L 形。这类冲模均属自动或半自动冲模。

6）连续模要连续不间断冲压，所用冲压设备都比计算的和间断冲压需要的公称压力大 1 倍左右，为的是防止在连续不间断冲压中，冲压设备输出压力与功因其飞轮转速下降而减小，从而影响正常冲压工作。冲模为适应连续冲压，也应该采用加强型模架（导柱加粗、上下模座加厚），以防其承载后产生过大弹性变形，长期工作而出现疲劳变形与裂纹等损坏。

2.5.2　连续模与连续式复合模的结构类型

冲制板料立体形冲压零件的连续模，不仅有冲孔、切断、落料等冲裁工位，而且还有各种不同的成形工位，如弯曲、翻边、扳边、拉深、压波、压印等；有一些连续模还具有复合冲裁或综合式复合冲压作业，如冲孔翻边、落料拉深或切断弯曲等复合冲压工位。对于在不同工位上进行分离与变形作业的连续模和具有复合冲裁、复合冲压工位的连续模，按照德国工程师协会（VDI）编辑出版的《技术准则手册》中的定义、说明及举例，都应称之为连续式复合模。

连续模在我国的相关标准与资料中，命名都不统一，有的称跳步模、级进模，也有的称顺序模、程序模等，称连续模较为科学也贴近实际。近年来，连续模、连续式复合模这种名称已逐步为有关方面认同。

常用的连续模按其导向与卸料方式、工艺技术功能不同，有以下几种结构类型：

1）无导向固定卸料结构连续冲裁模。

2）无导向固定卸料结构连续式复合模。

上述两种连续模，用于冲制简单形状的平板冲裁件、圆形与方形拉深件、预冲孔翻边件等，一般不超过三个工位，结构也简单。这类冲模在现场生产中采用较多，其典型结构组合曾纳入机械行业标准，即原 JB/T 8065. 1、2—1995。

3）滑动导向导柱模架固定卸料结构连续冲裁模与连续复合模。

4）滑动导向导柱模架弹压卸料结构连续冲裁模与连续复合模。

5）滑动导向导柱模架弹压卸料导板式连续冲裁模与连续复合模。

6）固定卸料导板式连续冲裁模与连续复合模。

上述3）~6）四种连续模是现场生产中使用广泛的连续模。其典型结构组合曾纳入机械行业标准，即原JB/T 8065.3、4—1995，原JB/T 8066.1、2—1995及原JB/T 8068.1~4—1995。上述3）~5）采用各种结构形式的滑动导向导柱模架，均可换用滚动导向滚珠导柱模架，再派生出三种高精度连续模结构形式。

上述3）~4）连续模的结构形式，在生产现场使用较多。其中，滑动导向导柱模架固定卸料结构连续冲裁模与连续复合模使用尤为广泛。前面已列举了图2-13~图2-16等多套应用实例，可供参考。

滑动导向导柱模架弹压卸料导板式连续冲裁模与连续复合模，是用于冲制薄料与超薄料，即冲压材料厚度 t 为0.05~1mm的高精度、复杂形状冲压零件用冲模的主要结构类型。

固定卸料导板式连续冲裁模与连续复合模，主要用于料厚 $t>0.2$~6mm的小型金属板冲压零件，特别是一些小尺寸、复杂形状的冲压零件，见图2-11、图2-12。

2.5.3 用典型组合标准设计连续式复合模

1. 滑动导向导柱模架弹压卸料导板式结构连续式复合模

多数连续式复合模比连续冲裁模工位数多，结构也复杂。一模成形冲制各种立体成形件的多工位连续式复合模，除必须拥有冲裁工件展开毛坯的各种冲裁工位外，还必须依成形冲制的工艺需要，设置多个成形工位，往往一个不太复杂的立体成形件，也要三个以上工位才能实现一模成形。而连续冲裁模多数用二或三工位即可完成，超过五工位的连续冲裁模较少。

实例1

图2-17所示卡环冲压零件七工位连续复合模，是小型仪表零件冲压常用的滑动导向后侧导柱模架弹压卸料导板式连续复合模。其主要结构特点如下：

1）直接用带料一模成形冲出立体形卡环零件，配备通用送料装置，可以全自动连续冲压，不仅生产率高，而且操作安全性好，操作者劳动强度小。

2）冲压工步安排为：冲矩形孔、切口、弯U形、空挡、有芯弯圆、折弯、切断七个工位。第Ⅳ工位空挡是为了拉开第Ⅲ、第Ⅴ工位距离；否则，因工件尺寸小而凸模、凹模尺寸大，安装到固定板上没有足够的位置，甚至要相碰，装不上去。切断前折弯30°是为了达到工件尺寸要求。七工位均在同一凹模框表面沿送料方向排布，结构紧凑。

3）除采用加强型模架提高模具整体刚度外，还使用加厚弹压导板，以利于对细长小凸模的横向大面积支承，冲压过程中凸模不会发生纵弯折断。

4）采用高精度Ⅰ级导柱模架，模具工作零件按IT7制造。

5）采用典型结构组合标准设计（原JB/T 8066.1、2—1995）。由于该冲压零件尺寸小，选用横向送料结构形式为宜。

6）第Ⅴ工位有芯弯圆的弯芯横向动作机构属非标准部件，要专门设计。

2. 滑动导向导柱模架固定卸料横向送进连续式复合模

这类结构的连续式复合模在用条、带、卷料一模成形连续冲制一般精度的小型复杂形状冲压零件中，应用十分广泛。图2-18~图2-21所示为由原材料通过冲裁，切去废料获得展

开毛坯后，用不同变形作业，包括：扳边、多向弯曲及拉深等，冲出形状复杂的立体成形零件。

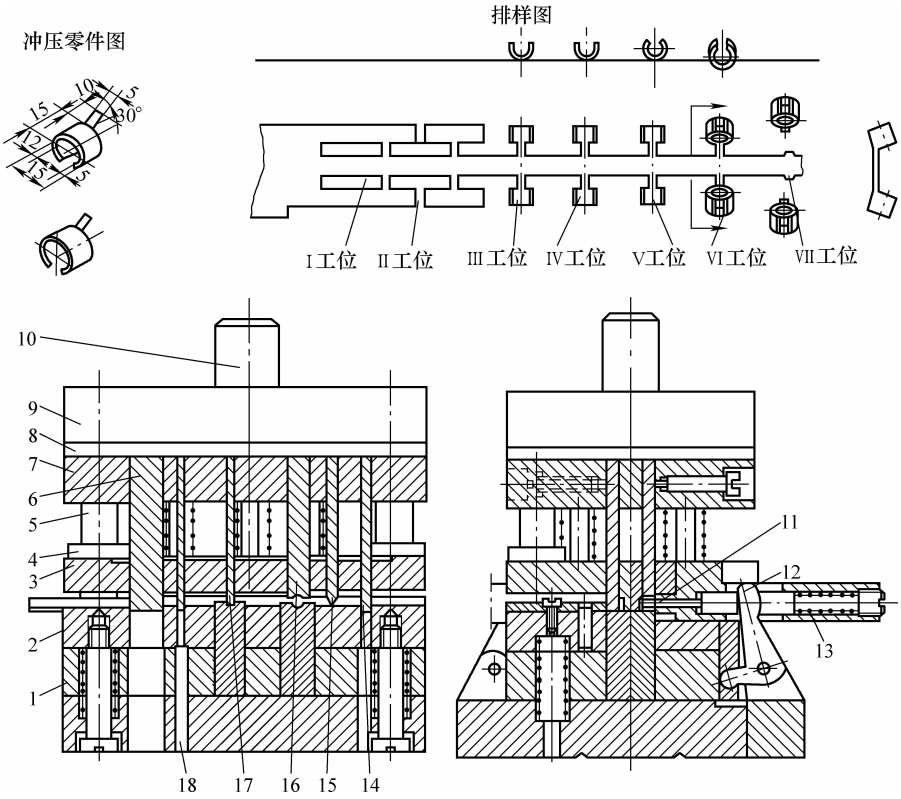


图 2-17　卡环零件弹压卸料导板式七工位连续复合模

1—固定板　2—凹模板　3—卸料板　4—导套　5—导柱　6—冲矩形孔凸模　7—凸模固定板　8—垫板　9—上模座　10—模柄　11—弯曲芯子　12—角形摆杆　13—压簧　14—切断凸模　15—压形凸模　16—弯圆凸模　17—弯曲凸模　18—切槽口凹模孔

实例 2

图 2-18 中所示仪表底盘形状复杂，需要对 35mm × 24mm 的矩形框的三边一次扳出，拐角 R = 3mm，相当于矩形盒浅拉深成形。两个 35mm 矩形长边上各有两个 R2mm（即 ϕ4mm）的半圆凸耳。绘出其展开平毛坯图形状，与冲压零件形状近似，见排样图Ⅱ工位所示。

该冲压零件排样图设计为三个工位。第Ⅰ工位仅冲出两个斜槽孔，确定扳边与尾部平板连接部位，限制扳边长度 35mm，并依靠对称布置的两个凹形切边侧刃，在第Ⅰ工位切除原材料一定宽度的料边，精确定位。第Ⅱ工位用切开而不分离的冲裁方法，切出冲压零件要扳边的展开毛坯轮廓，与Ⅰ工位冲出的两上斜槽孔连通。同时，还冲出冲压零件平板尾部的两个 1. 5mm × 5mm 的矩形孔。第Ⅲ工位是个综合式复合冲压工位：无扳边尾部外廓落料与原材料分离、扳边成形、冲 26mm × 19mm 矩形孔等，三工步在一个工位上完成。

在结构设计上，要充分考虑到冲模必备的专用技术功能和连续冲压的需要。

1）设置双边成对侧刃切边定位，确保各工位送进误差≤ ±0. 15mm。

2）各工位在同一凹模表面，沿送料方向呈直线布置，用送进原材料携带工件至各工位简单方便。

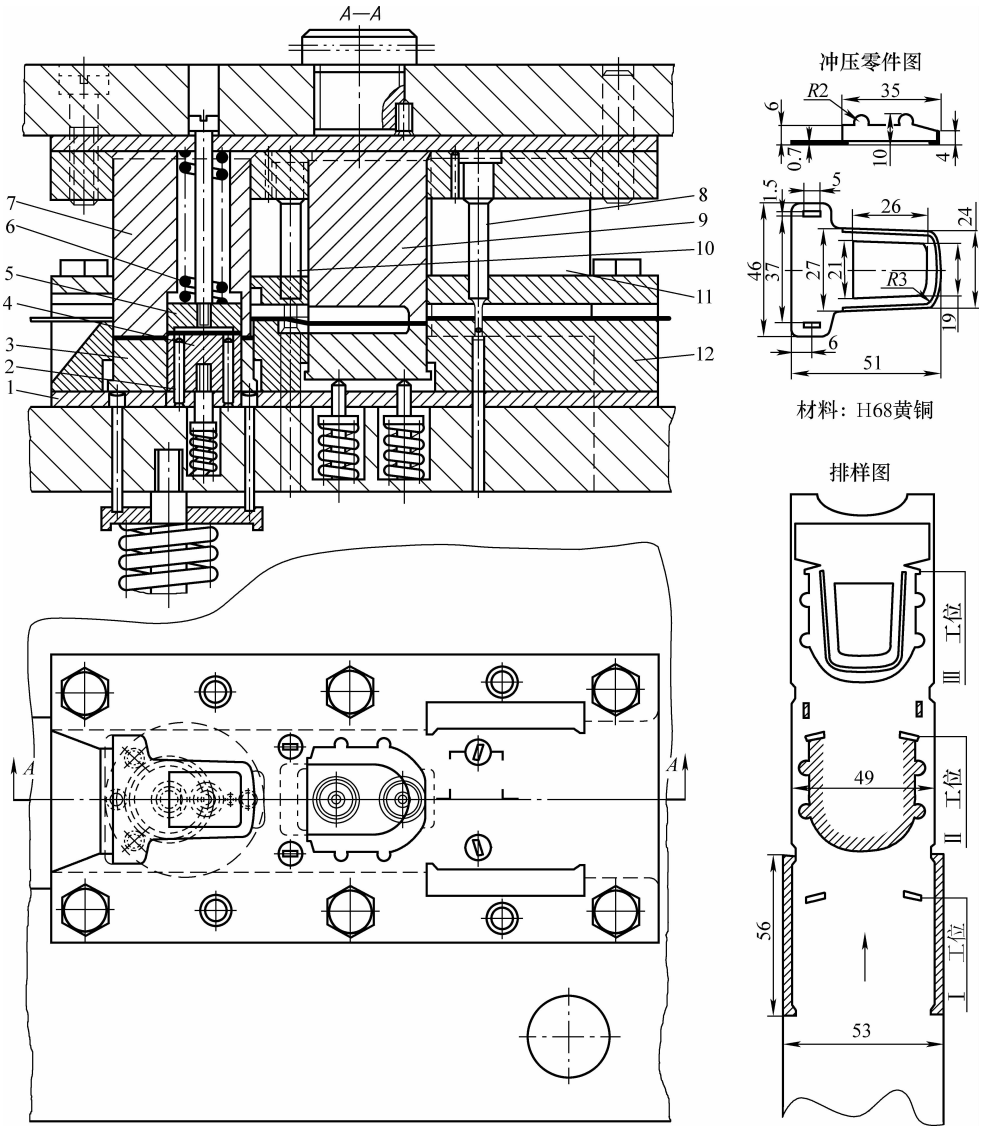


图 2-18　底板滑动导向对角导柱钢模架固定卸料横向送进三工位连续式复合模

1—垫板　2—销钉　3—顶件器　4—冲孔凸模　5—卸料器　6—弹簧　7—落料凸模
8—冲口凸模　9—切开凸模　10—冲矩形孔凸模　11—侧刃　12—凹模

3）第Ⅲ工位用压边拉深的方法实施外缘扳边。压边靠下弹顶器（顶件器）加压，扳边后冲 26mm × 19mm 矩形孔，是在行程末尾，用装在下模该工位中心的冲孔凸模，向上反向冲孔。依靠装在冲孔凹模洞口中的弹性卸料器，将冲孔废料顶出并落在工位表面，可与同时由下模顶件器顶出的成品冲压零件一并由送进材料携带出模。

4）第Ⅱ工位切开冲压零件扳边部位展开毛坯后，需要反顶回原搭边框中，故在Ⅱ工位切开凹模洞口中装有顶件器。

5）冲压零件扳边后的最大高度为 10mm。为使压边拉深向上扳边，具有更大作业空间，使Ⅲ工位下模顶出工件，不碰撞卸料板下表面，并利于顺畅出件，除加厚导料板之外，还在Ⅲ工位卸料板下表面开挖一个凹口，以增大作业高度；改用紧固卸料板的埋入式圆柱头内六

角螺钉，为外露的六角螺钉，使局部减薄的卸料板仍可安全夹紧固定。

6）按典型组合标准给定的尺寸规格，选配滑动导向对角导柱钢模架。

实例 3

图 2-19 所示为仪表壳底滑动导向钢模架固定卸料横向送进四工位连续式复合模。该冲模的连续冲压工艺工步及冲模结构虽与图 2-18 颇为相似，但有一些值得汲取的独到之处。

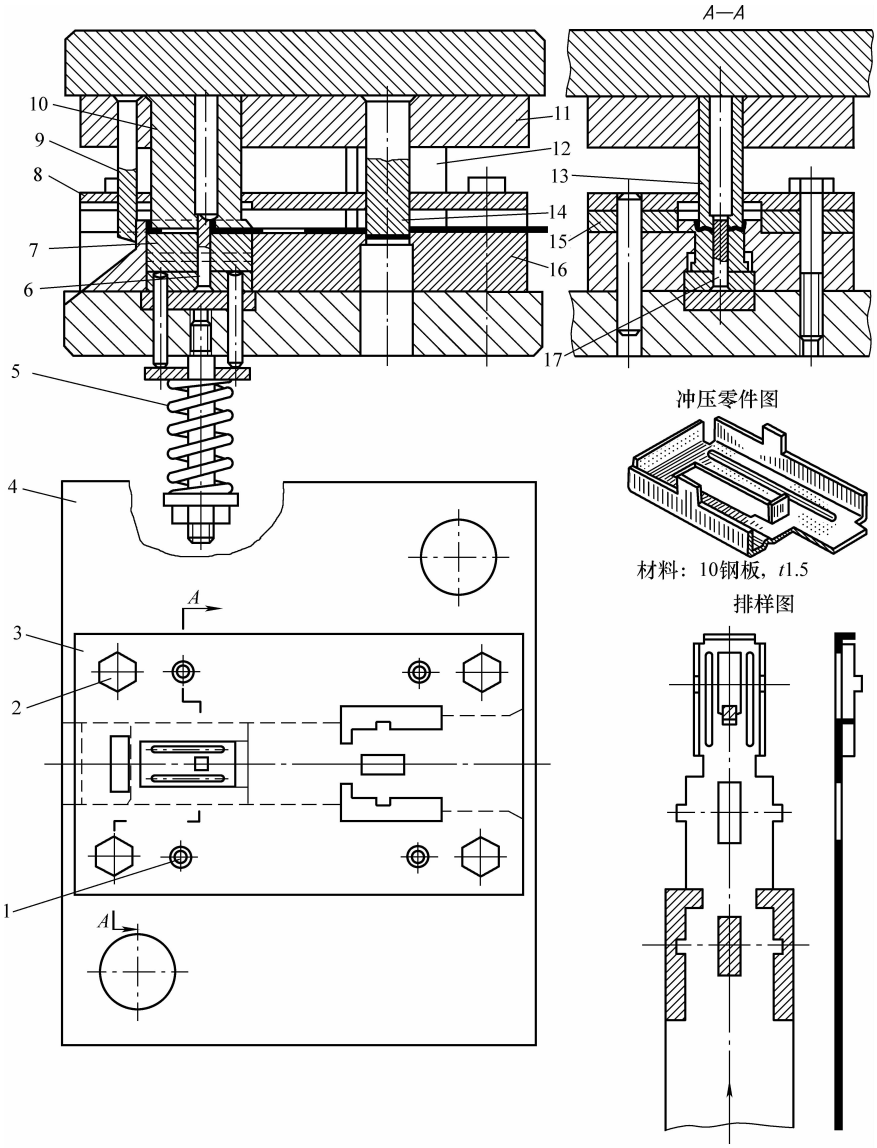


图 2-19　仪表壳底滑动导向钢模架固定卸料横向送进四工位连续式复合模

1—销钉　2—六角螺钉　3、8—卸料板　4—下模座　5—弹簧　6、17—内孔弯边凸模　7—顶件器　9—切断凸模　10—弯边凸模　11—固定板　12—成形侧刃　13—压筋凸模　14—冲矩形孔凸模　15—导料板（加厚的）　16—凹模

1）采用了非标准的成形侧刃。该侧刃切除条料的长度 L 等于送料进距 S，而侧刃内侧冲裁出冲压零件展开毛坯的部分外廓。这种侧刃除具有普通常规侧刃节制送料控制进距的作

用外，还具有切除沿边与结构废料的冲裁凸模作用，是一模成形多工位连续模经常采用的一种非标准、双重作用的侧边凸模。其设计方法同单边剪切的冲裁凸模，但仍须保证与匹配凹模在冲裁刃口上具有合理间隙。

2）最后工位配备切断刀，将经冲孔、空挡工位、压筋并弯曲成形复合冲压的工件从条料上切断分离开。成形工件顺切断凹模旁的落件坡，滑落入零件箱。

3）卸料板的结构形式与紧固件的选用与图 2-18 完全相同。

实例 4

图 2-20 所示芯夹四工位连续式复合模，是一模成形冲制小型复杂形状立体成形零件较为典型的冲模结构。

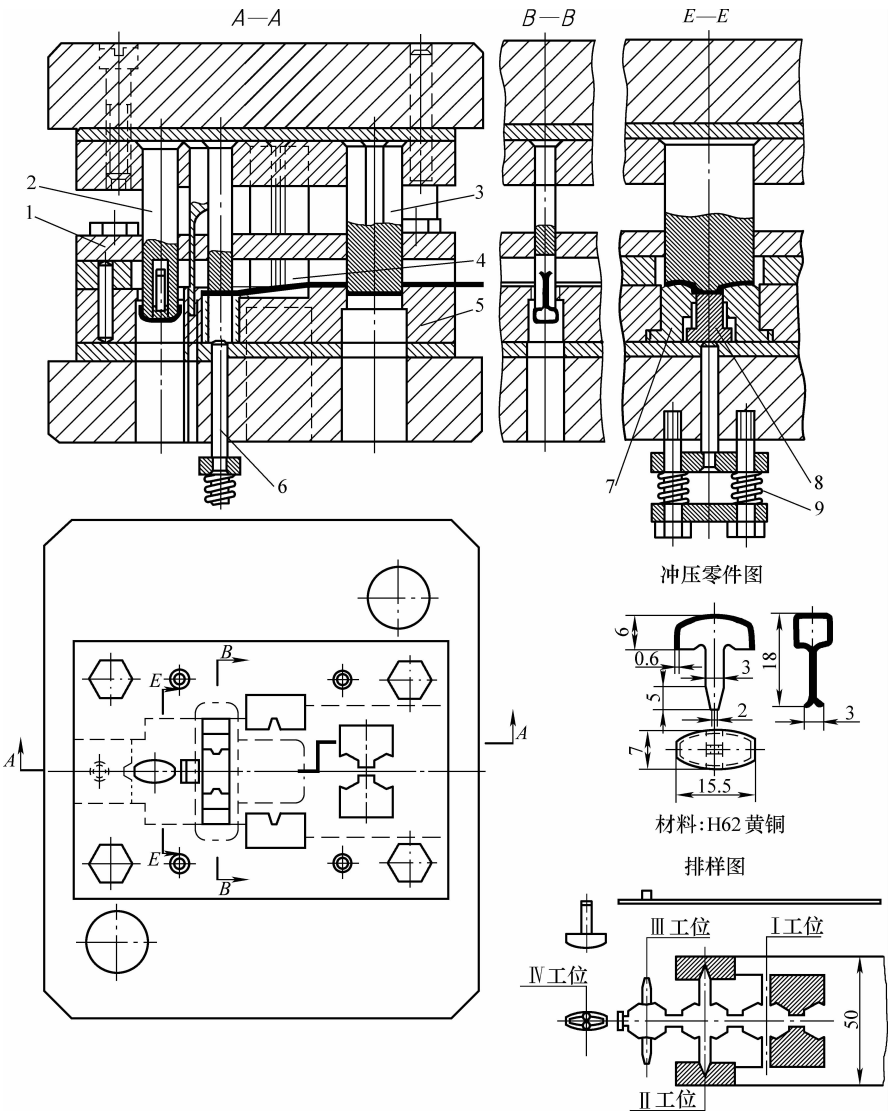


图 2-20　芯夹滑动导向导柱模架固定卸料、横向送料四工位连续式复合模

1—卸料板　2—弯曲成形凸模　3—凸模　4—成形侧刃　5—凹模

6—顶杆　7—预弯曲凹模　8—预弯凹模弹顶垫　9—弹簧

（1）冲压加工难点　对该冲压零件进行工艺分析可知，其冲压加工难点在于以下几点：

1）其展开毛坯具有对称的细长悬臂，长近 15mm、宽 3mm，而料厚 $t=0.6$mm，很容易弯扭变形，尤其在将展开毛坯送入最后成形工位之前，故平稳送进非常重要。

2）直接冲裁展开毛坯的一对细长悬臂，不仅凸模极易损坏，寿命低，而且毛坯因料薄难免扭曲而推不出凹模。

3）冲裁间隙很小，单边间隙为 0.012 ~ 0.024mm，要保证冲裁刃口都具有均匀一致的冲裁间隙，有一定制模难度。尤其在宽度仅 2 ~ 3mm、长达 15mm 的矩形断面悬臂凸模上，两边刃口如此小的间隙都要同样均匀，制模要求过高，制造难度大。

4）如何在一对悬臂部位弯曲成形为封闭的空心方环形，弯成形后又如何从凸模上完好卸下，是该冲模结构设计的关键问题之一。

5）对这种多向弯曲成形的复杂形状立体形冲压零件，若要实现连续冲压一模成形，就必须设计出合理的冲压工艺工序，并用合理的冲模结构作保障。

（2）排样图设计采取的技术措施

1）按冲压零件展开平毛坯图，见图 2-20 排样图Ⅱ工位图形，采用单列直排，用裁搭边法获取展开毛坯。冲压零件展开毛坯有一对悬臂细长落料，结构废料很宽大，用裁搭边法切除结构废料，留下工件与条料连接，便于用送料携带送进。冲切去结构废料，面积大、形状简单，凸、凹模刃口均易制造。

2）用成形侧刃冲切去展开毛坯两悬臂头部，使冲模结构进一步简化。

3）切断分离与最终成形在一个工位完成，使成形不受相连工位及条料拉扯的影响。

（3）冲模结构设计的主要特点

1）按选定典型组合的标准规格，配备滑动导向对角导柱Ⅰ级高精度钢模架。

2）在Ⅳ工位切断弯曲成形之前的第Ⅲ工位，进行预弯成形，见图 2-20 中 *B*—*B* 剖视图。

3）将导料板加厚以增大模具工作区高度，满足弯形需要。

4）减薄卸料板，改用六角螺钉紧固。

5）弯曲成形凹模洞口做一个台阶止口，冲压零件弯曲成形并包在凸模上，穿过台阶止口后，因脱离模腔，会产生回弹而使冲压零件口部稍稍张开，待凸模回程后会被台阶止口卸下而掉入模下零件箱。

实例 5

图 2-21 所示为扣盖滑动导向对角导柱钢模架固定卸料横向送进三工位连续式复合模。其冲压工艺与冲模结构都具有典型性与实用性。这种小型浅拉深成形件虽精度要求不高，但其成形，尤其连续冲压一模成形，容易出现拉深时底角部裂口、断裂或口部起皱，以及凸腰成形过浅、过深使裂口以及整体形状歪扭等疵病，造成次品或废品。其冲压工艺及冲模结构设计采取了如下技术措施：

1）采用大搭边、有工艺切口拉深，使拉深凸腰成形复合冲压（第Ⅱ工位）过程中的材料流动不受相连原材料牵扯带来的阻力影响，确保成形达到要求。

2）在拉深凹模弹顶垫内装可伸缩导正销。在拉深之前，导正销先插入到第Ⅰ工位冲制的两个圆孔中，对送入第Ⅱ工位的材料进距进行微调校准，以确保冲压零件成形外廓与孔的同轴度。

3）为保证压凸腰与拉深成形的相对高度，拉深与压凸腰用凸模采用分体镶嵌结构，保

持恒定的高度差。

4）为使成形工位和第Ⅲ工位有足够的成形与送料携带工件的工作空间，可加厚导料板，适当减薄卸料板，并采用外露六角螺钉紧固。

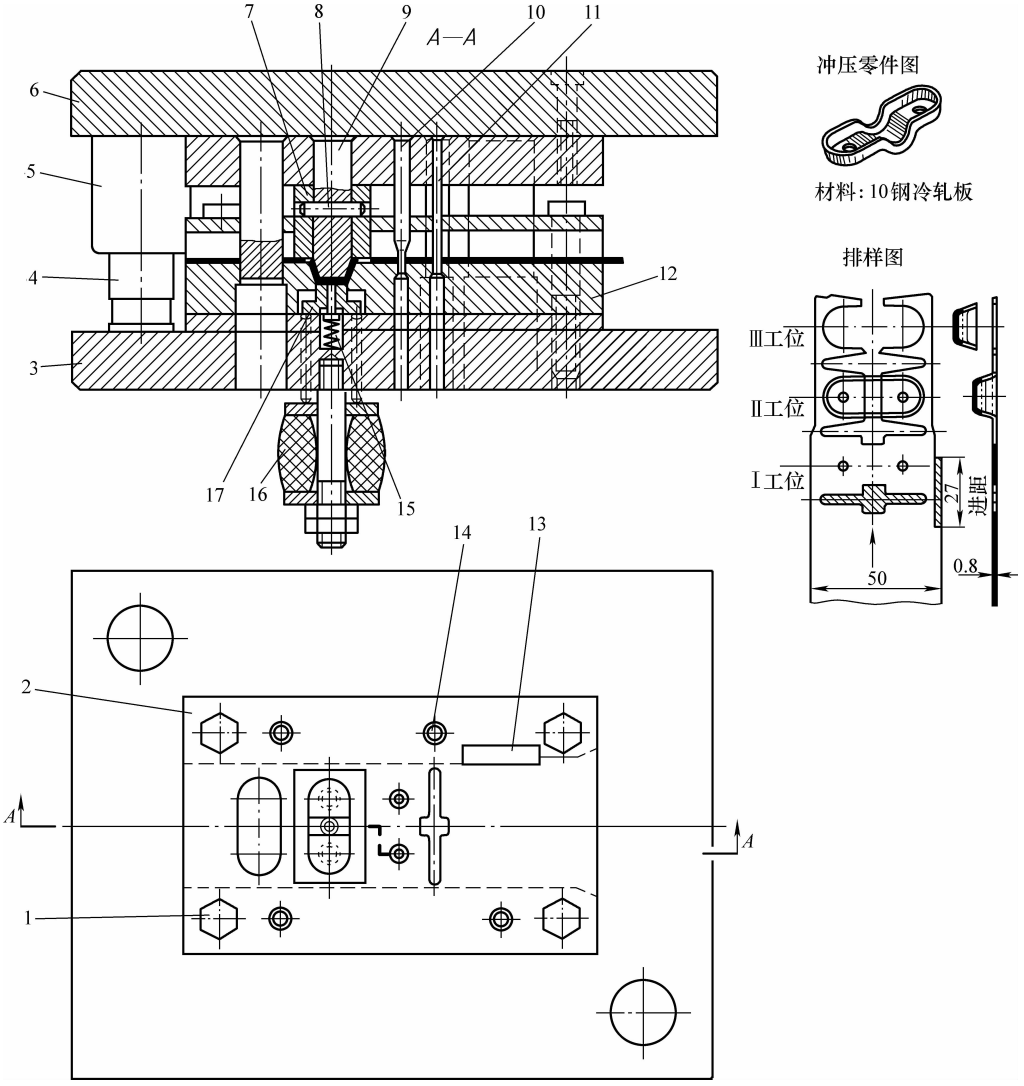


图 2-21　扣盖滑动导向对角导柱钢模架固定卸料横向送进三工位连续式复合模

1—六角螺钉　2—卸料板　3—下模座　4—导柱　5—导套　6—上模座　7—凸模镶套　8—固定销　9—拉深压腰凸模　10—冲孔凸模　11—工艺切口凸模　12—凹模　13—侧刃　14—销钉　15—弹簧　16—橡胶体　17—弹顶垫

5）采用单边矩形侧刃对送进条料切边定位，以保证各工位送料进距精度。

3. 采用典型组合标准设计连续复合模的注意事项

从图 2-17 ~ 图 2-21 的冲模结构设计实例中，可以得出以下结论：

1）选用典型组合标准设计法进行冲模结构设计，只限于曾纳入机械行业标准的四大类 14 种结构形式。

2）典型组合标准仅对模芯以外的零部件，如配用模架，按规格成套的螺钉、销钉这类

的紧固件，垫板及限位柱等，给定了类型、材料、尺寸规格等，给予标准化；对支承与安装及主要工作零件，如卸料板、固定板、导料板、凹模等按标准规格配备成套，给定了外廓尺寸，与凸、凹模刃口，模腔等匹配模孔与相关尺寸，应另绘出加工图，故仅进行半标准化。

3）模芯即模具工作部分（凸模、凹模、凸凹模及相关零件），包括凸模固定板、导板、卸料板的模孔、顶件器、卸料（件）器及整套机构等都必须依照冲压零件图、冲压零件展开平毛坯图、冲压工艺排样图等进行设计。

4）典型组合标准中没涉及冲模的送料定位系统，必须按冲压工艺排样图与选定的典型结构类型进行设计。

5）典型组合标准中大都没有考虑冲模的安全防护机构及装置，设计中按需要和使用习惯，在模具工作区之外安装防护栅、防护屏或光、声、电感应防护系统，确保操作安全。

6）对于冲模的主要工作零件加固结构、镶拼结构、快换组合结构等，典型组合标准中均不涉及，都应由设计者按需要设计。

7）选用典型组合标准设计冲模，必须进行以下必要的计算：①多工位连续模和复杂形状大、中型单工序冲模的压力中心；②细长小孔凸模、冲深孔凸模的抗压强度、抗纵弯刚度验算；③冲压力计算及合理冲压设备类型及公称压力的确定；④查阅 GB/T 16743—2010《冲裁间隙》，计算合理间隙值；⑤计算冲模刃口、模腔尺寸，并选定制造精度等级；⑥核定冲模的主要技术规格及匹配设备安装尺寸。

8）冲模的矩形凹模周界一般为 $L \times B = 315\text{mm} \times 250\text{mm}$。对于固定卸料导板式冲模许用最大凹模周界还要小一些，为 $L \times B = 280\text{mm} \times 160\text{mm}$，连续模与连续式复合模的凹模多为矩形。当凹模周界超越上述许用范围时可设计非标准冲模结构。

9）有一些形状复杂、尺寸较大，以及需要横向冲压、诸工位不能在同一凹模平面沿送料方向呈直线布置的连续式复合模，附带有送料与卸（出）件机构的自动或半自动连续式复合模，均不能采用或不能完全采用典型结构组合标准。

2.6　冲模“三化”及其结构设计

冲模的“三化”即标准化、通用化与典型化，实际上就是在对构成冲模零部件标准化、系列化、通用化的基础上，实现冲模工艺技术功能的通用化及冲模结构的典型化。

冲模标准化是一项涉及面很广的综合性技术基础工作，是组织冲模现代专业化生产、进行科学管理的重要依据。按照统一、互换、选优、简化、便于制造、利于修理、提高寿命、降低成本的原则，通过实施冲模“三化”，扩大组织专业化生产，提高制模质量与技术水平。

冲模的“三化”是提高制模能力、降低制模成本、缩短制模周期的关键，是提高模具市场竞争力和提升制模技术水平的决定性要素，是组织冲模专业化生产和开展冲模计算机辅助设计与制造及管理，即冲模 CAD/CAM/CAE/PDM 的前提。因此，冲模的“三化”是冲模生产技术高速度、高水平发展与提升的一个重要基础。冲模“三化”涉及冲模设计、选型与结构、制造、使用、修理、验收等各个环节，不少冲模生产企业及用户，都格外重视并已进行了大量工作。

2.6.1　冲模设计、制造与修理的“三化”

1. 冲模相关标准

专业冲模生产企业往往根据用户提供的冲压零件图、冲压零件实物，设计并制造冲模，并承包其终身修理工作。有些用户还要求限期提供冲压零件。只有大企业自己的冲模生产点（车间、分厂）供应自己的冲模，才有条件按常规提供冲压零件的成套冲压工艺文件、冲模设计任务书等一整套冲模设计资料，按严格设计、制造程序与流程运作。在模具专业化生产迅速发展的今天，为适应设计需求，满足用户要求，专业模具生产单位推行“三化”已势在必行。

冲模相关国家标准与机械行业标准如下：

（1）模架

1）GB/T 2851—2008《冲模滑动导向模架》。

2）GB/T 2852—2008《冲模滚动导向模架》。

3）GB/T 23565.1—2009《冲模滑动导向钢板模架　第1部分：后侧导柱模架》。

4）GB/T 23565.2—2009《冲模滑动导向钢板模架　第2部分：对角导柱模架》。

5）GB/T 23565.3—2009《冲模滑动导向钢板模架　第3部分：中间导柱模架》。

6）GB/T 23565.4—2009《冲模滑动导向钢板模架　第4部分：四导柱模架》。

7）GB/T 23563.1—2009《冲模滚动导向钢板模架　第1部分：后侧导柱模架》。

8）GB/T 23563.2—2009《冲模滚动导向钢板模架　第2部分：对角导柱模架》。

9）GB/T 23563.3—2009《冲模滚动导向钢板模架　第3部分：中间导柱模架》。

10）GB/T 23563.4—2009《冲模滚动导向钢板模架　第4部分：四导柱模架》。

（2）送料定位标准零部件

1）JB/T 7648.1—2008《冲模侧刃和导料装置　第1部分：侧刃》。

2）JB/T 7648.2—2008《冲模侧刃和导料装置　第2部分：A型侧刃挡块》。

3）JB/T 7648.3—2008《冲模侧刃和导料装置　第3部分：B型侧刃挡块》。

4）JB/T 7648.4—2008《冲模侧刃和导料装置　第4部分：C型侧刃挡块》。

5）JB/T 7648.5—2008《冲模侧刃和导料装置　第5部分：导料板》。

6）JB/T 7648.6—2008《冲模侧刃和导料装置　第6部分：承料板》。

7）JB/T 7648.7—2008《冲模侧刃和导料装置　第7部分：A型抬料销》。

8）JB/T 7648.8—2008《冲模侧刃和导料装置　第8部分：B型抬料销》。

9）JB/T 7649.1—2008《冲模挡料和弹顶装置　第1部分：始用挡料装置》。

10）JB/T 7649.2—2008《冲模挡料和弹顶装置　第2部分：弹簧芯柱》。

11）JB/T 7649.3—2008《冲模挡料和弹顶装置　第3部分：弹簧侧压装置》。

12）JB/T 7649.4—2008《冲模挡料和弹顶装置　第4部分：侧压簧片》。

13）JB/T 7649.5—2008《冲模挡料和弹顶装置　第5部分：弹簧弹顶挡料装置》。

14）JB/T 7649.6—2008《冲模挡料和弹顶装置　第6部分：扭簧弹顶挡料装置》。

15）JB/T 7649.7—2008《冲模挡料和弹顶装置　第7部分：回带式挡料装置》。

16）JB/T 7649.8—2008《冲模挡料和弹顶装置　第8部分：钢球弹顶装置》。

17）JB/T 7649.9—2008《冲模挡料和弹顶装置　第9部分：活动挡料销》。

18）JB/T 7649.10—2008《冲模挡料和弹顶装置　第10部分：固定挡料销》。

（3）卸料机构标准零部件

1）JB/T 7650. 1—2008《冲模卸料装置　第 1 部分：带肩推杆》。

2）JB/T 7650. 2—2008《冲模卸料装置　第 2 部分：带螺纹推杆》。

3）JB/T 7650. 3—2008《冲模卸料装置　第 3 部分：顶杆》。

4）JB/T 7650. 4—2008《冲模卸料装置　第 4 部分：顶板》。

5）JB/T 7650. 5—2008《冲模卸料装置　第 5 部分：圆柱头卸料螺钉》。

6）JB/T 7650. 6—2008《冲模卸料装置　第 6 部分：圆柱头内六角卸料螺钉》。

7）JB/T 7650. 7—2008《冲模卸料装置　第 7 部分：定距套件》。

8）JB/T 7650. 8—2008《冲模卸料装置　第 8 部分：调节垫圈》。

9）JB/T 7650. 9—1995《冷冲模卸料装置　聚胺酯弹性体》。

（4）安装与紧固标准零部件

1）JB/T 7645. 1—2008《冲模导向装置　第 1 部分：A 型小导柱》。

2）JB/T 7645. 2—2008《冲模导向装置　第 2 部分：B 型小导柱》。

3）JB/T 7645. 3—2008《冲模导向装置　第 3 部分：小导套》。

4）JB/T 7645. 4—2008《冲模导向装置　第 4 部分：压板固定式导柱》。

5）JB/T 7645. 5—2008《冲模导向装置　第 5 部分：压板固定式导套》。

6）JB/T 7645. 6—2008《冲模导向装置　第 6 部分：压板》。

7）JB/T 7645. 7—2008《冲模导向装置　第 7 部分：导柱座》。

8）JB/T 7645. 8—2008《冲模导向装置　第 8 部分：导套座》。

9）JB/T 7646. 1—2008《冲模模柄　第 1 部分：压入式模柄》。

10）JB/T 7646. 2—2008《冲模模柄　第 2 部分：旋入式模柄》。

11）JB/T 7646. 3—2008《冲模模柄　第 3 部分：凸缘模柄》。

12）JB/T 7646. 4—2008《冲模模柄　第 4 部分：槽形模柄》。

13）JB/T 7646. 5—2008《冲模模柄　第 5 部分：浮动模柄》。

14）JB/T 7646. 6—2008《冲模模柄　第 6 部分：推入式活动模柄》。

15）各类螺钉、销钉等紧固件相应标准。

（5）模板类半标准件

1）原 JB/T 7642. 1—1994《冲模通用模座　带柄圆形上模座》。

2）原 JB/T 7642. 2—1994《冲模通用模座　带柄矩形上模座》。

3）原 JB/T 7642. 3—1994《冲模通用模座　A 型模座》。

4）原 JB/T 7642. 4—1994《冲模通用模座　B 型下模座》。

5）原 JB/T 7642. 5—1994《冲模通用模座　弯曲模下模座》。

6）JB/T 7643. 1—2008《冲模模板　第 1 部分：矩形凹模板》。

7）JB/T 7643. 2—2008《冲模模板　第 2 部分：矩形固定板》。

8）JB/T 7643. 3—2008《冲模模板　第 3 部分：矩形垫板》。

9）JB/T 7643. 4—2008《冲模模板　第 4 部分：圆形凹模板》。

10）JB/T 7643. 5—2008《冲模模板　第 5 部分：圆形固定板》。

11）JB/T 7643. 6—2008《冲模模板　第 6 部分：圆形垫板》。

（6）冲模主要工作零件标准

1）JB/T 5825—2008《冲模　圆柱头直杆圆凸模》。

2）JB/T 5826—2008《冲模　圆柱头缩杆圆凸模》。
3）JB/T 5827—2008《冲模　60°锥头直杆圆凸模》。
4）JB/T 5828—2008《冲模　60°锥头缩杆圆凸模》。
5）JB/T 5829—2008《冲模　球锁紧圆凸模》。
6）JB/T 5830—2008《冲模　圆凹模》。
7）原 JB/T 8057. 1—1995《冷冲模凸、凹模　A 型圆凸模》。
8）原 JB/T 8057. 2—1995《冷冲模凸、凹模　B 型圆凸模》。
9）原 JB/T 8057. 3—1995《冷冲模凸、凹模　快换圆凸模》。
10）原 JB/T 8057. 4—1995《冷冲模凸、凹模　圆凹模》。
11）原 JB/T 8057. 5—1995《冷冲模凸、凹模　带肩圆凹模》。

2. 制定冲模“三化”企业标准的原因

对于全国各制造行业，制模能力与技术水平存在较大差异。在冲模“三化”中，应按其需要，对上述冲模标准筛选、取舍或有计划地逐步全面宣贯。分析其深层次的原因，对了解与掌握普遍适用的设计方法、全面宣贯现行有关标准，十分必要。

1）生产不同产品的企业，所需冲模不仅尺寸大小相差悬殊，冲压零件精度相差很大，而且制造冲模的设备、工艺也都不同。例如，经常制造农机、农用车辆用冲模的专业模具厂，要制造仪表用冲模就有困难，这类模具厂很少或根本不用Ⅰ级高精度模架，甚至大多数冲模不用模架；而生产仪表产品用冲模的生产厂，不使用无导向敞开式冲模。这两类冲模生产厂，在宣贯上述冲模标准、推行“三化”工作中，必然按其需要而有所取舍。

2）各模具生产企业都有自己的核心技术，并形成独具特色的产品。例如，以生产中小型冲模服务于开关电器制造业的模具厂，标准化、结构典型化程度较高，一般开关电器产品用冲模制造又快又好。而要让这类模具厂制造钟表、轻工产品用冲模，显然难以承担。两者所用冲模相关标准也完全不同。

3）服务对象不同，所用冲模相关标准相差很大。现行的冲模相关国家标准和机械行业标准，不适于载重汽车、轿车、微型汽车等产品覆盖件之类的大型冲模，也不适合钟表等小型精密冲压零件用冲模，但对于众多机电与家电产品，多以中小型冲压件为主的绝大多数制造业工厂，均可全部或有选择地使用。

4）使用习惯有别等原因，致使经常选用一些常用冲模类型，而冷落甚至淘汰一些冲模结构及冲模零部件标准。例如，时有发生的冲压人身伤害事故，使敞开式冲模、无导向固定卸料结构冲模的使用日趋减少，导板式冲模和导柱式冲模的使用日趋增多。

5）冲压生产与冲模设计、制造水平的差异，使用标准数量、内容差别很大。采用连续模、自动冲模多的单位，会觉得冲模相关国家标准和机械行业标准中的内容不足，缺项很多，特别是定位装置品种少，可选用面窄；横向冲压及送料装置及其楔传动零部件等，尚无标准零部件可选等。

3. 冲模“三化”企业标准的制定

（1）冲模“三化”企业标准的内容　由于上述及更多其他原因，使得冲模生产企业在推行“三化”过程中，经常以冲模相关国家标准和机械行业标准为基础，结合自身规模、行业与服务对象特点，考虑自己的核心技术实力与发展，制定自己企业的成套冲模标准。这些标准一般包括以下内容：

1）《冲模典型结构组合》。

2）《冲模零部件》。

3）《冲模典型结构图册》。

4）《冲模设计与制造守则》。

（2）冲模“三化”企业标准的编制　编制企业的成套冲模标准，主要目的是在冲模设计、制造、使用与修理过程中，推行其零部件标准化、系列化，冲模的结构形式典型化、通用化，冲模的工艺技术功能扩大化、通用化。编制前要对已生产过的冲压零件及其冲模进行汇总、分类，列出常用的冲模类型及结构形式；考虑用户需求和发展趋势，依市场需求为导向，适当增减已选定的冲模类型及结构形式，兼顾企业技术提升、规模增减以及其他可知与可预见因素，确定企业要生产冲模的标准典型结构，编制出《冲模典型结构组合》整套企业标准；还可从成套的冲模典型组合标准规格中，选取适合企业使用的典型组合类别、结构形式及规格大小范围，并按实际需要随时取舍与增减。

根据确定的《冲模典型结构组合》企业标准，还可从成套的冲模相关标准中，选择为典型组合按规格配套的零部件标准，再经筛选、增补后，编制出《冲模零部件》企业标准。

为了更好宣传，并使有关设计、制造、使用与修理人员，深入了解和切实执行上述冲模企业标准，还要按《冲模典型结构组合》企业标准，每一类、每一种、每一个典型结构组合，从已生产和使用过的冲模中，寻找 1 ~ 2 个实例，将其冲模总装配图汇编成册，逐套加以结构设计与制造要点说明，编制出企业的《冲模典型结构图册》。

为了顺利推行企业的成套冲模标准，执行好冲模的“三化”工作，要分别编写出《冲模设计守则》与《冲模制造守则》。

在《冲模设计守则》中，应说明以下内容：

1）设计程序及设计管理方法。包括冲模设计任务的承接、下达、设计、校对、审核、标准检查、批准、图样入库等整个流程如何运作。复杂特殊的结构，在设计前要有“结构论证”与可行性研究等协商会议纪要与书面报告。

2）设计图样的表达深度。选用企业的《冲模典型结构组合》标准，通常只需出一个简化总装图，简单结构的不用出总装配图，但要按规定在其排样图上，写出选用冲模结构类型、标准规格，以及冲模的制造技术要求与主要技术规格，并配齐工作零件凸、凹模加工图，各类模板的相应模孔加工图，非标准零件加工图等。

3）冲模设计质量的控制与管理。冲模是一种非标准的精密机械产品，应对用户执行质量终身承包制。设计者对于没有把握的冲模结构，一经研讨会和可行性研究报告确定，设计人员应对冲模的设计质量，包括冲模选型，技术功能符合要求，整体结构合理、先进、操作安全，图面质量好，无数字、图形表达的遗漏与差错等，负主要责任。图样上的错误及与会议、可行性研究报告不符之处，由校对人负责检查出来并纠正。审核人员只对冲模整体结构的合理性、实用性及先进性负责。不符合标准及其遗漏或错误，由标准检查人员指正。最后批准人要对冲模设计质量负全面责任。

除上述三项主要内容，还有一些具体要求，如设计图样幅面大小、格式、允许差错率、设计说明的内容、图样交付方式、份数等，都要详细写入《冲模设计守则》中。

在《冲模制造守则》中，主要写入以下内容：

1）标准零部件制造的定型标准制造工艺。主要是成套标准零部件制造的工艺文件，包括工艺流程图、工艺过程卡、验收规程、主要零部件（如标准模架、模座、导柱、导套、始用挡料装置、挡料销、侧刃等）的制造与检验操作细则。

2）半标准零部件的加工工艺。主要是固定板、卸料板、导板、凹模板等半标准件，待加工紧固孔、模孔等的加工工艺。

3）冲模的装配工艺及技术要求。配套零件弹簧、聚氨酯橡胶块、螺钉、垫圈、销钉、垫板、定距套、限位柱、防护栅等，经检验全部零部件合格、无遗缺后进行总装。

4）试模及验证程序及要求。

5）入库规定及手续。

6）非标准零件的通用加工工艺。如凸模、凹模、凸凹模、顶件器、卸件器、压边圈、非标准成形侧刃、定位板等常用零件的通用加工工艺。

将上述设计与制造冲模规定与有关文字汇编在一起，构成企业的《冲模设计与制造守则》。

2.6.2 冲模“三化”后的结构设计方法

冲模“三化”后的结构设计方法与选用典型组合标准进行冲模的结构设计方法相同。不过冲模“三化”后的结构设计方法，是在设计中完全采用冲模成套企业标准，而冲模成套企业标准源于典型组合标准（GB、JB），仅根据企业的需要与市场导向进行了删减、增补，并对其使用进行规范，使用起来更具针对性。

以冲制薄料、超薄料高精度小尺寸冲压零件为例，其料厚 t 为 0.05 ~ <0.5mm，尺寸精度一般高于 IT10，通常采用原 JB/T 8068.3—1995、原 JB/T 8068.4—1995 两个标准作为企业标准，进行这种结构形式冲模设计，见图 2-22、图 2-23。

因冲模“三化”所使用的冲模企业标准，是冲模生产企业，按其服务对象及其产品特色、有的放矢地对冲模相关国家标准和机械行业标准进行筛选与简化的产物，故其进行冲模结构设计的步骤、程序与方法，与 2.4 节所述典型组合标准设计法相同。

多数模具生产企业以制造冲模为主，积累了丰富的设计与制造经验。其冲模企业标准内容更细，品种类型更多、更丰富，可操作性强。与相关冲模典型组合相关国家标准与机械行业标准相比，有以下不同：

1）冲模典型结构分类进一步细化，并分别制定了企业的典型结构组合标准。

①对冲裁模按冲压工艺工序（步）组合程度与方式细化分类：单工序冲模，包括落料模、冲孔模、切口模、切边模等；连续模，又按挡料系统构成不同分为用固定挡料销配始用挡料装置的连续模、用侧刃的连续模；复合模，主要增加了未纳入机械行业标准的顺装结构复合冲裁模，包括圆形与矩形凹模的顺装结构复合冲裁模及厚、薄凹模的顺装结构复合冲裁模。

②对各种成形模按其工艺技术功能分别给定一种或几种典型结构组合标准。弯曲模包括 V 形与V形弯曲模、⌊形与⌋形弯曲模、Z 与 M 形弯曲模、○与◯形弯曲模、ᓚ形及ᓗ形弯曲模等，每类弯曲模都有多种结构形式，但都是单工序冲模。拉深模包括用压边圈及不用压边圈的不变薄圆筒形、方形、矩形拉深模。其他成形模包括压窝（沉孔）模、打凸模、压波压筋模、冲百叶窗模、翻边模等。

2）配用模架的规定更详细、更具体。

①冲裁料厚 $t \leqslant 1$mm 的零件，应配用模架。

②冲裁料厚 $t \leqslant 0.5$mm 的零件，应配用 I 级精度滑动导向导柱模架。

③冲裁料厚 $t \leqslant 0.2$mm 的零件，应配用滚动导向导柱模架。

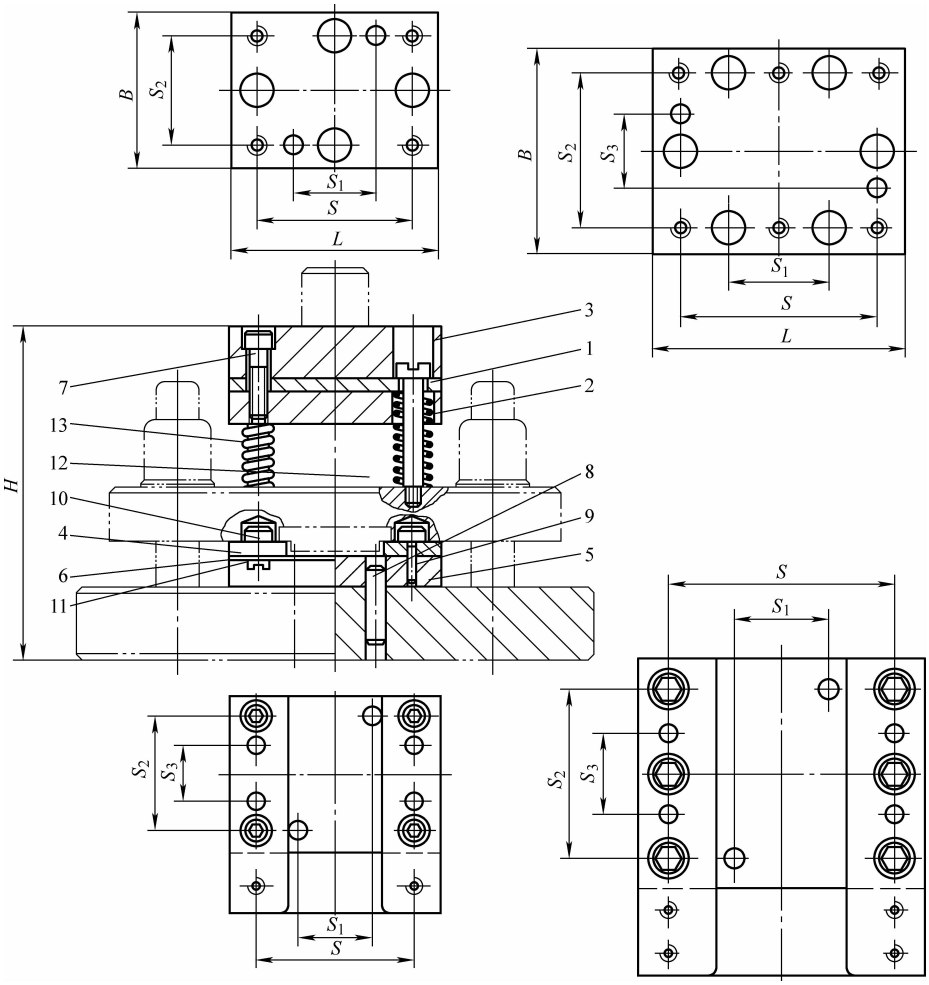


图 2-22　冲模导板模弹压纵向送料典型组合（摘自原 JB/T 8068. 3—1995）

1—垫板　2—固定板　3—上模座　4—导料板　5—凹模　6—承料板

7、10、11—螺钉　8、9—圆柱销　12—卸料螺钉　13—弹簧

3）各类典型结构使用范围规定明确。

①采用弹压卸料的冲裁模，其许用冲裁料厚 $t_{max}<3mm$。

②采用固定卸料的冲裁模，其许用冲裁料厚 $t_{max}>3mm$。

③连续冲裁模采用弹压卸料时，其许用冲裁料厚 $t_{max}<2.5mm$。

④复合冲裁模无论顺装还是倒装，其许用冲裁料厚 $t_{max}<3mm$。

4）各种常用冲压零件用冲模的企业标准定型结构如下所述：

①中、小型电机的转子片、定子片及中小型电机用其他通用冲压零件的各种冲模定型结构。

②仪表、电工仪器等使用的各种变压器用山字形、E 字形、一字形与日字形硅钢片复合冲裁模。

③各种规格的接线头连续复合模。

④仪表仪器用接触片、弹簧片、焊片一模成形连续冲裁与连续复合模。

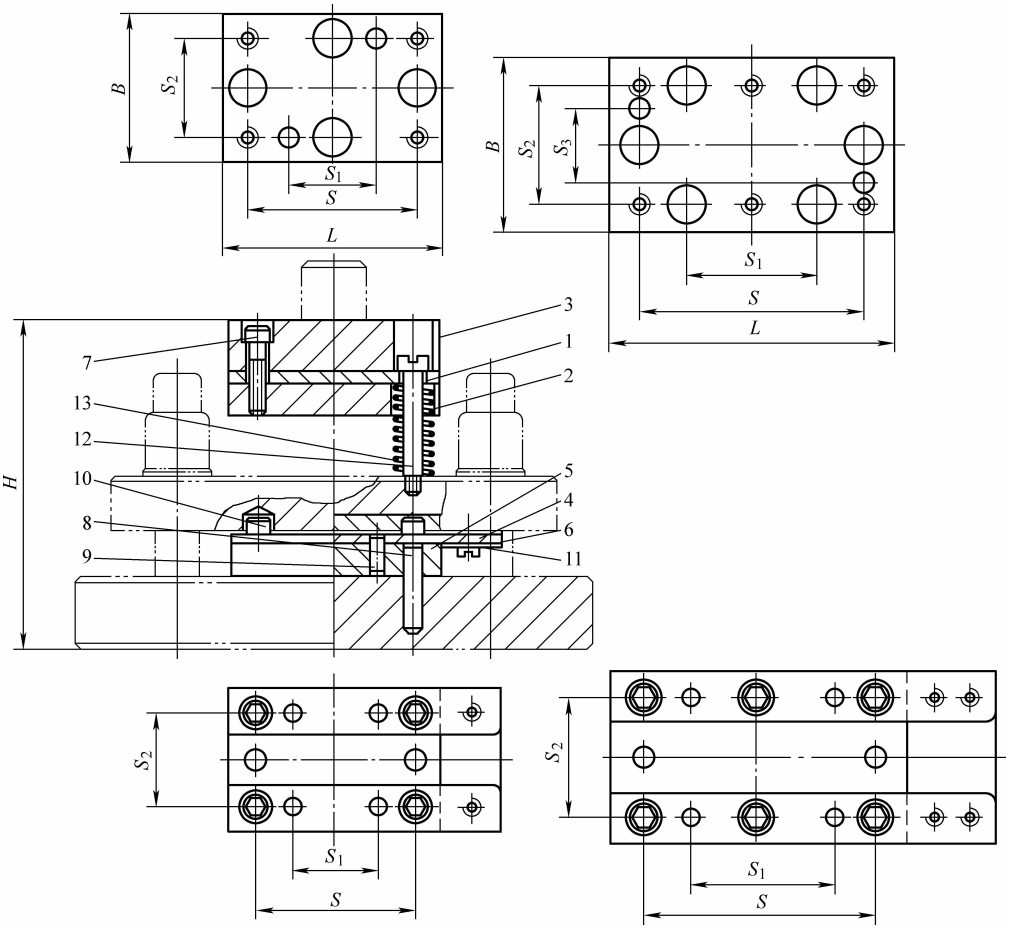


图 2-23　冲模导板模弹压横向送料典型组合（摘自原 JB/T 8068.4—1995）

1—垫板　2—固定板　3—上模座　4—导料板　5—凹模　6—承料板

7、10、11—螺钉　8、9—圆柱销　12—卸料螺钉　13—弹簧

5）多数企业增补典型结构组合，没有给定具体的标准规格。

由于冲模企业标准的典型结构分类细化，选型条件具体，使用规定很细，故其可操作性很强。虽然有一些增补的典型结构没有给定具体的标准规格，但可仿照与对比设计，十分简便可行。

2.6.3　用企业冲模“三化”成套标准设计高精度冲模

实例 1

图 2-24 所示连续冲裁模，采用了原 JB/T 8068.3—1995 中的典型结构组合（见图 2-22），但其连续冲裁排样与模芯结构设计有如下特点：

1）采用无搭边有沿边双列交错对称排样，一模两件，节省材料，生产率高。

2）同时冲出两个工件的切口，使两个切口组成一个稍大一点的长圆孔，使冲切口凸模变成冲长圆孔凸模，断面增大一倍，不易折断，也便于制造、修理。

3）弹压导板加厚并加了一块压板（件 5），使小凸模导向及横向支承加长，既提高了导板模孔对小凸模的导向精度，加固了凸模，也便于修理。

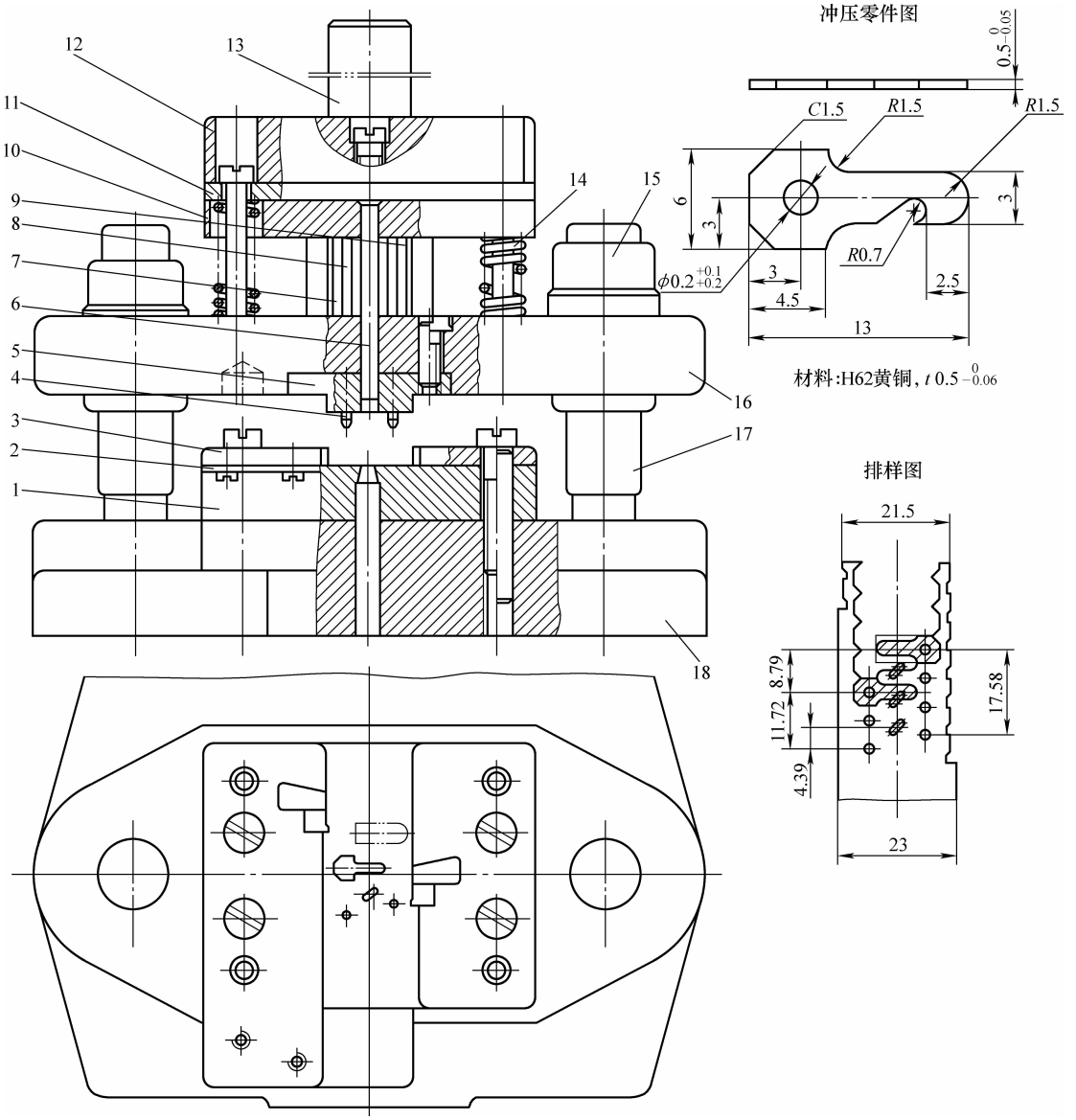


图 2-24　焊片弹压卸料导板式纵向送料少废料连续冲裁模

1—凹模　2—承料板　3—导料板　4—导正销　5—压板　6—切槽凸模　7—落料　8—冲孔凸模　9—落料凸模　10—固定板　11—垫板　12—上模座　13—模柄　14—弹簧　15—导套　16—弹压导板　17—导柱　18—下模座

实例 2

图 2-25 所示连续复合模，是一种冲制带小孔的小尺寸弯曲件，用带料经冲孔—落料并弯曲成形的精密冲模。冲压零件的材料为 QSn6.5 锡青铜带料，厚度$t=0.2$mm，冲小矩形孔四个，孔尺寸为：（$1^{+0.16}_{0}$）mm×（$0.8^{+0.16}_{0}$）mm，孔边距仅 0.5mm。

该冲模虽采用原 JB/T 8068.4—1995 弹压导板式横向送料冲模典型结构组合（见图 2-23）。但在其模芯结构设计上，采取了一些具有创新性方法。

1）因为冲压零件尺寸很小，展开平毛坯尺寸仅为长×宽 = 9mm×5mm，在两头有四个

对称的长 × 宽 = $1^{+0.16}_{0}$ mm × $0.8^{+0.16}_{0}$ mm 的矩形孔。孔中心距 = （3 ± 0.1） mm，孔边距仅 0.5mm，冲压难度很大。为使冲孔凸模承载后不弯曲折断，设计了一个可伸缩超短凸模冲孔组件，见图 2-25 模具图第 I 工位上模，由件 5、6、7、9、20 等零件组合而成，装在导板内。

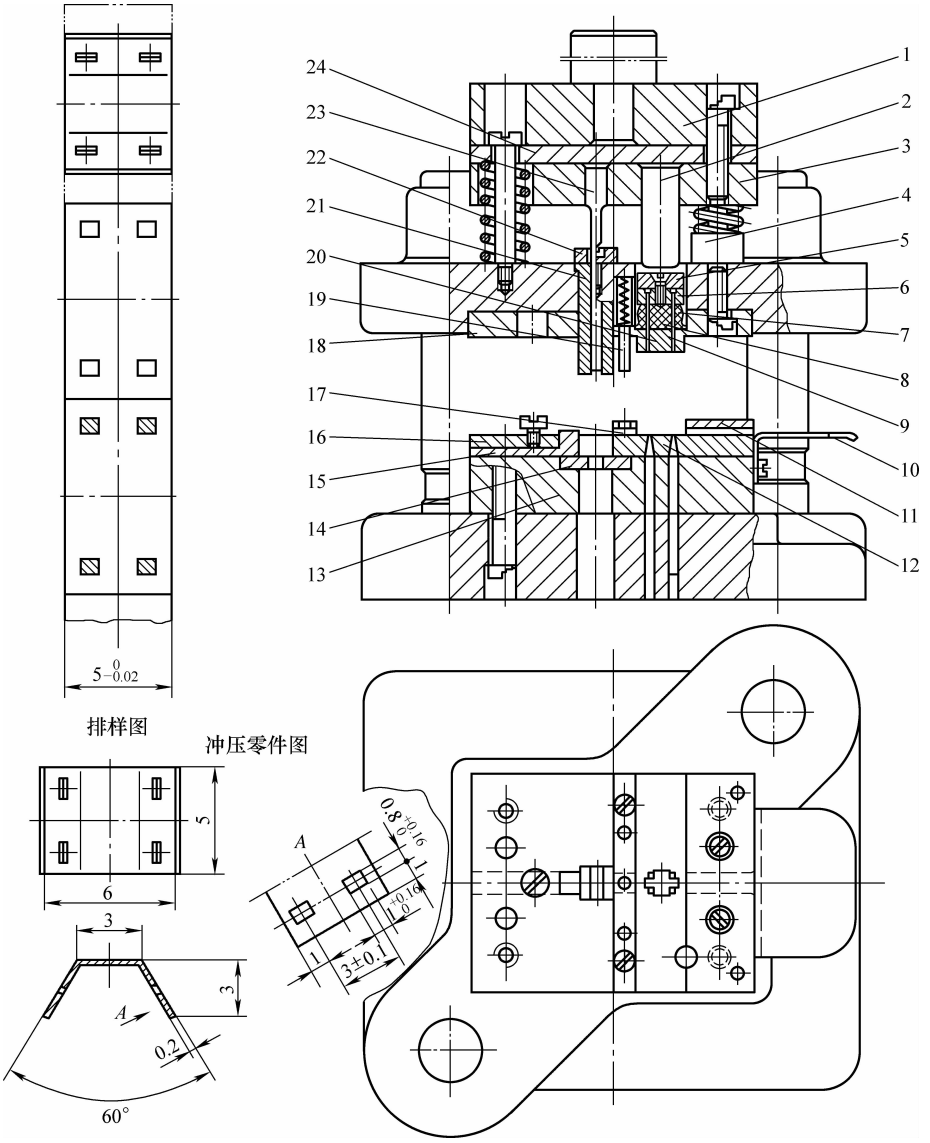


图 2-25　夹边弹压卸料导板式横向送料连续复合模

1—上模座　2—冲头　3—固定板　4—限位柱　5、22—盖板　6—凸模固定板　7—橡胶块　8、24—垫板　9—凸模　10—承料板　11—导板　12、20—镶块　13—凹模固定板　14—压弯　15—挡料板　16—凹模　17—压料块　18—压板　19—压料杆　21—切断凸模　23—压弯凸模

2）设置了切断弯曲成形的复合冲压工位为第Ⅲ工位，第Ⅱ工位为空挡，拉开两个工作工位的距离。否则，在凸模固定板和导板上就没有足够的供凸模安装的位置。

3）加厚弹压导板，除结构设计需要外，还加固并保护凸模。

该冲模冲压动作原理如下：装在弹压导板内的冲小矩形孔凸模 9，通过冲头 2 拼块，冲击凸模 9，使冲孔凸模完成冲孔。橡胶块 7 的压缩量很小，就足以使凸模完成在 0.2mm 料厚

上冲孔。送料到Ⅲ工位由件 21 先切断带料，并推压工件至切断凹模刃口下部的件 14 处，继续下行，由件 23 压弯凸模，实施弯形并将工件推出件 14 模口下方，落入零件箱。60°张开角靠材料回弹达到，故要将弯模间隙做大一些，合适的弯曲间隙通过工艺试验和试模修准。

2.6.4　冲模“三化”后的成套企业标准应用与完善

对于以制造中小型冲压零件用普通全钢冲模为主的模具专业生产企业，在冲模设计、制造与修理中，推行以宣贯冲模相关国家标准和机械行业标准为基础，运用冲模企业标准，进行冲模的标准化、典型化与通用化工作，设计各种冲模更为简便。

1. 通用冲压零件用冲模

通用冲压零件用冲模是不同用户都需要的各种规格、不同材料的垫圈，电机与变压器用各种形状、不同尺寸的转定子片、硅钢片、接线头、焊片等用冲模。这类冲模类型很多，结构繁简差别很大。同一类型、同样结构、用于冲制同一种冲压零件的冲模，重复生产次数多、制模工人对其结构及技术要求、制模重点与难点都十分熟悉。不仅结构定型，尺寸也接近或相同，完全可借用、套用已生产过的这类标准定型结构冲模，设计只需按要求，修改尺寸。

实例 1

图 2-26 所示为普通垫圈标准定型倒装结构复合冲裁模。凡是尺寸相同或接近的各种材质垫圈均可套用这种结构进行设计。

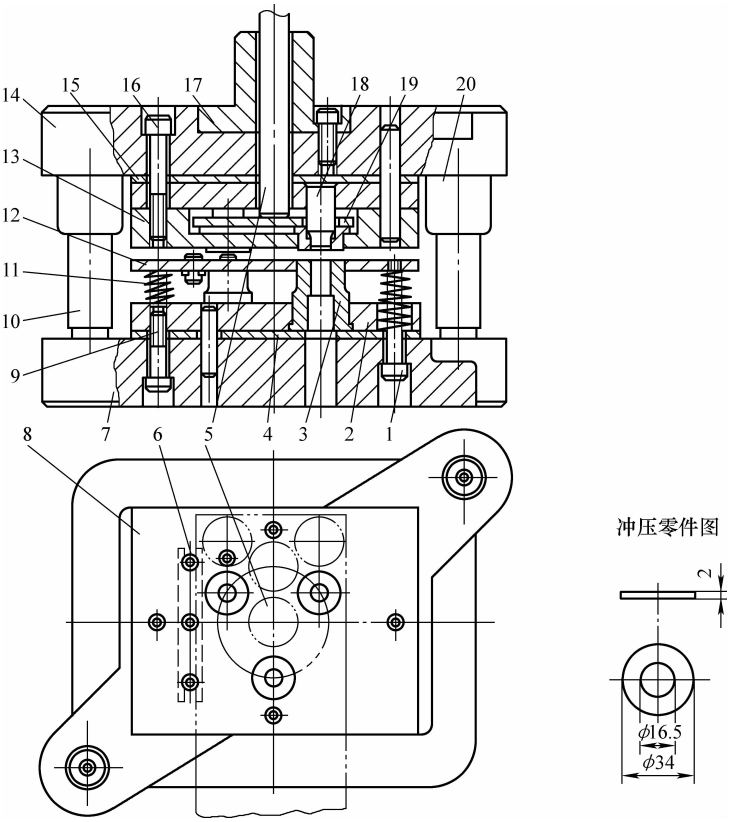


图 2-26　普通垫圈标准定型倒装结构复合冲裁模

1、9、16—螺钉　2—固定板　3—凸凹模　4、15—垫板　5—打料杆　6—导料销　7—下模座　8、12—卸料板　10—导柱　11—压簧　13—凹模　14—上模座　17—模板　18—凸模　19—推板　20—导套

将这类标准定型结构的垫圈复合冲裁模全套图样，存入计算机图形库，设计时调出，在其屏幕上进行图形修改处理，即可出图。如有图样底图档案，也可复晒一份供修改成图。

图 2-26 所示冲模结构可用于料厚 $t \leqslant 3$mm 的各种材质、不同尺寸的垫圈，以及类似或接近垫圈形状的冲压零件的冲制。该冲模图示出一模 3 件，采用 3 列错开有搭边排样，对于尺寸更小的垫圈，可用 5 列或 7 列错开排样，一模 5 件或 7 件；而当垫圈尺寸更大时，也可用 2 列错开或单列直排，一模 2 件或 1 件。问题的关键是，依排样后确定使用的料宽，确定采用的凹模周界 $L \times B$，在标准规定的系列尺寸范围内，才能实施。

通常情况下，模具的定位系统都采用固定挡料销配单侧挡料柱。冲压精度一般时，大多采用滑动导向Ⅱ级精度导柱模架。

实例 2

图 2-27 所示是冲制尺寸稍大一些的山字形硅钢片用倒装式复合冲裁模。冲压零件料厚 $t \leqslant 0.5$mm，冲裁间隙很小，一般都采用Ⅰ级精度的滑动导向模架或滚动导向滚珠导柱模架。由于采用弹压卸料板、Ⅰ类小间隙冲裁，硅钢片冲裁质量较好，尺寸精度高，毛刺少，平整，互换性好。对于产量很大的山字形硅钢片，可采用硬质合金高寿命复合冲裁模结构。

实例 3

与图 2-27 所示冲模相比，图 2-28 采用了矩形薄凹模倒装式复合冲裁结构形式。将 YG15 钨钴系硬质合金镶块装在凹模容框内，凸凹模也只有刃口工作段为硬质合金镶块。为了冲制料厚 $t < 0.35$mm 甚至更薄的硅钢片，要提高模架导向精度确保凸模对准凹模，并保持微小的均匀一致的冲裁间隙。在这种情况下，选配标准滚动导向滚珠导柱模架更合适。这种模架的导柱与其滚珠导套采用 0.010 ~ 0.020mm 过盈配合，可实现零误差导向。

实例 4

图 2-29 所示连续式复合冲裁模可一模冲制两种套裁排样的硅钢片零件，而且是一模各两件，属于一种高效连续复合冲裁模。

分析其冲压零件图及排样图可以看出，两种硅钢片的形状适合套料冲裁，按并列对称排样，进行有搭边套裁冲制。第Ⅰ工位复合冲裁两件一字形硅钢片，第Ⅱ工位以第Ⅰ工位冲出零件的孔定位，进行复合冲裁，冲出两件冂形硅钢片。

冲模的整体结构采用钢板模座对角导柱模架，模芯还采用倒装结构，但为矩形薄凹模结构形式，与图 2-28 结构类似。

图 2-26 ~ 图 2-29 所示仅仅是这类冲模的一种常用的倒装式复合冲裁模结构形式。从中可以看出其具有如下共同结构特征：

1）都是倒装式复合冲裁模。

2）大多采用矩形厚凹模。

3）多采用对角导柱模架。

4）横向送料与纵向送料的形式都有采用。

5）最大冲裁料厚 $t_{max} < 3$mm。

2. 多工位连续模与多工位连续式复合模的结构设计

采用冲模企业标准，进行不同类型多工位连续模的结构设计，虽然比采用冲模相关国家标准和机械行业标准更具针对性和实用性。《冲模典型结构组合》企业标准，不仅选用的冲模类型与种类更多，而且每种典型结构标准规定更细，内容更丰富，可操作性更强。但目前对于多工位连续模，大多仍只给定 2 ~ 3 工位的连续式冲裁模，给定标准典型结构的多工位

连续式复合模较少。因为一模成形的立体形冲压零件的传统冲压工艺多为分序多模冲制，能否直接由原材料一模成形冲制出成品冲压零件，受以下多种因素制约：

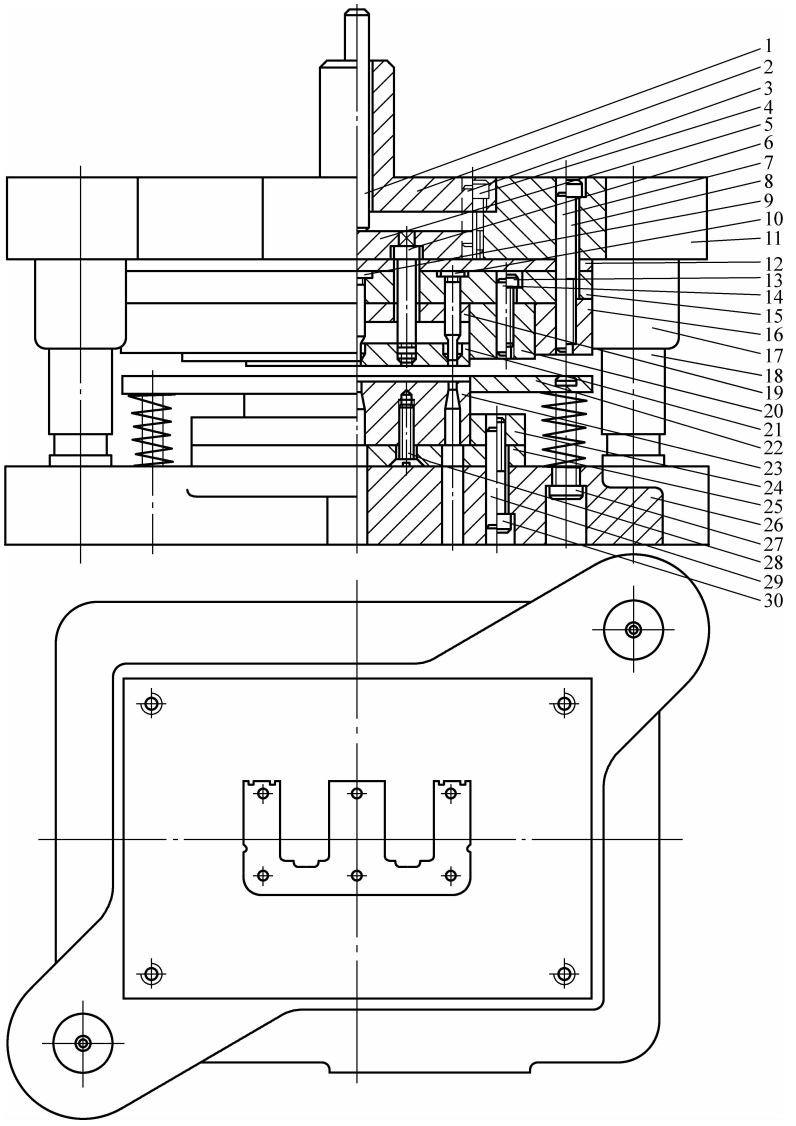


图 2-27　山字形硅钢片用倒装式复合冲裁模

1—推杆　2—模柄　3、7、14、29—圆柱销　4、6、8、13、27、28、30—螺钉　5—打料板
9、10—冲孔凸模　11—上模座　12—垫板　15—固定板　16—凹模框　17—导套　18—导柱　19—支承板
20—凹模　21、22—卸料板　23—凸凹模　24—固定板　25—垫板　26—下模座

1）冲压零件的材料种类、力学性能及其供应状态。

2）冲压零件形状结构、尺寸大小及要求的冲压加工精度等，即冲压零件的连续冲压加工的适应性，即冲压工艺性。

3）冲压工艺的合理性与可操作性，尤其是连续冲压的可能性与优越性。

4）连续模冲压排样的正确性、合理性与先进性。

5）连续模结构设计的实用性、先进性及制造工艺性。

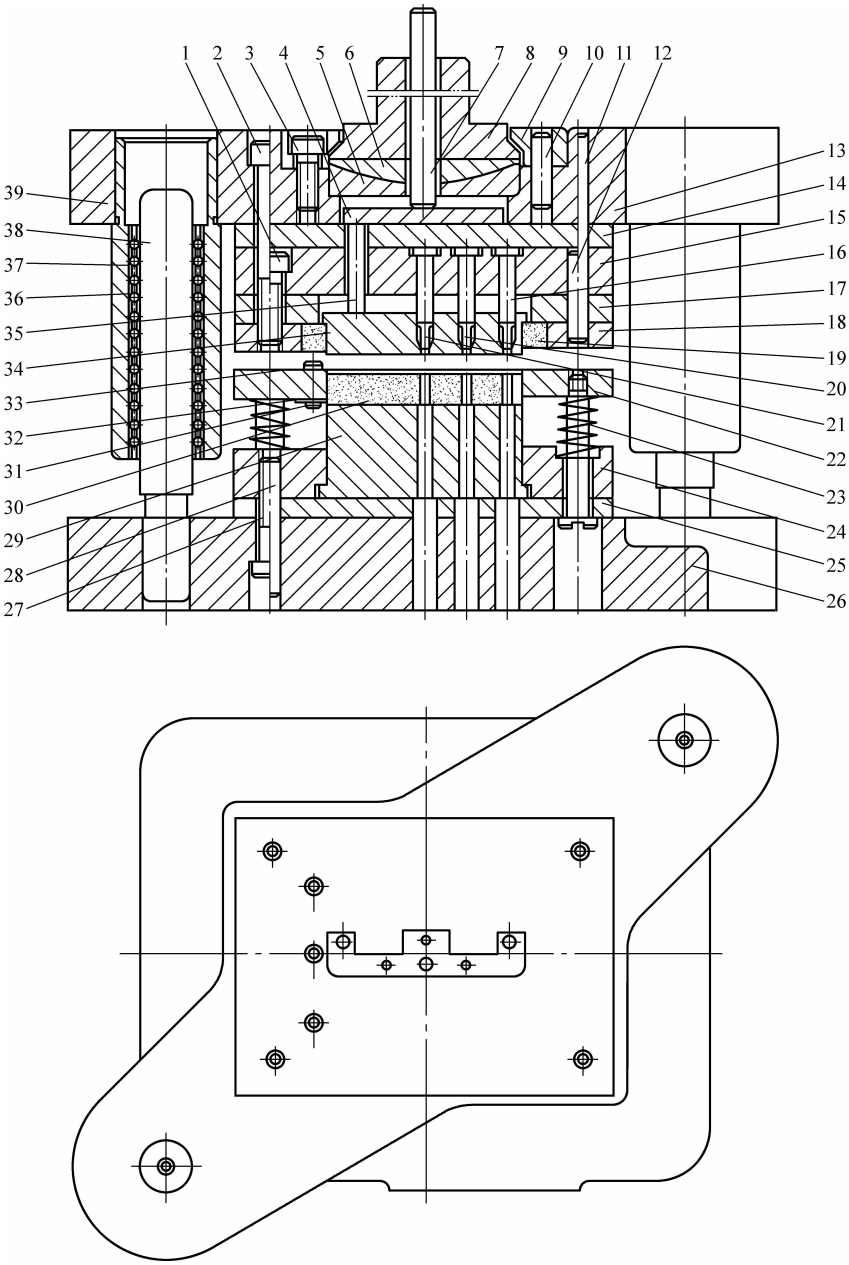


图 2-28　E 字形硅钢片硬质合金滚珠导柱模架标准定型结构复合冲裁模

1、2、3、27—内六角螺钉　4—推板　5—凹垫　6—凸垫　7、35—推杆　8—浮动模柄　9—固定圈
10、11、12、28—圆柱销　13—上模座　14、17、25—垫板　15、24—固定板　16、20、21—冲孔凸模　18—凹模框
19—凹模　22—卸料板　23—卸料螺钉　26—下模座　29—凸凹模座　30—凸凹模　31—半圆头螺钉　32—片弹簧
33—挡料销　34—卸料块　36—滚珠套　37—滚珠　38—导柱　39—导套

因此，连续式冲裁模结构设计的标准化程度较高，特别是形状简单、冲圆孔多的平板冲裁件更是如此；连续式复合模往往要从冲压零件的展开平毛坯冲裁考虑，一旦成形工步多或需要进行横向施力冲压时，模具结构便趋于复杂化，难以实现标准化。

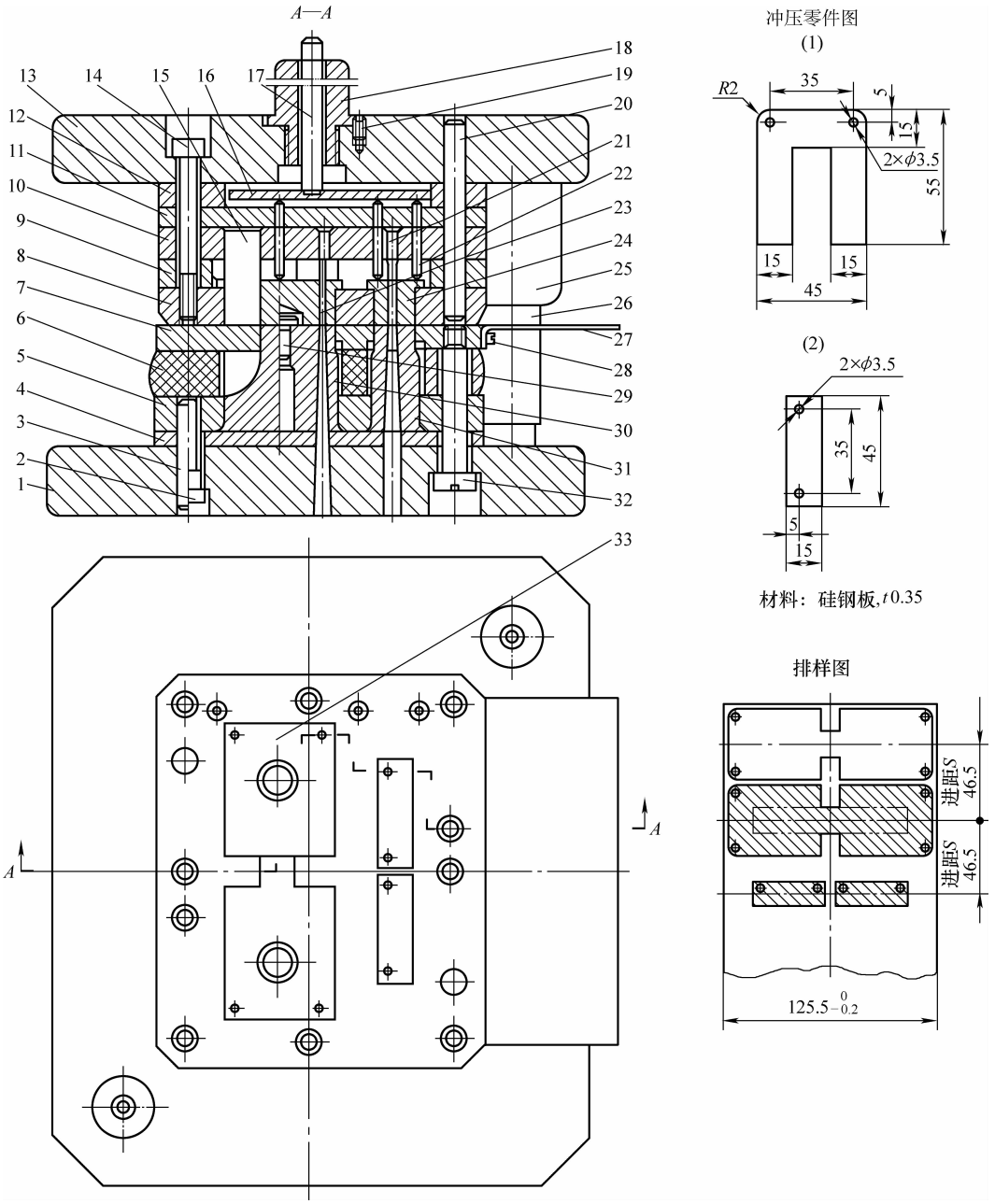


图 2-29　冂形和一字形硅钢片标准定型结构连续式复合冲裁模

1—下模座　2、14、19、28、32—各种螺钉　3、20、22—圆柱销　4—下垫板　5—凸凹模固定板　6—橡胶块　7—卸料板　8—凹模　9—空心垫板　10—凸模固定板　11—上垫板　12—衬板　13—上模座　15、21—凸模　16、23、24—推件块　17—推杆　18—模柄　25—导套　26—导柱　27—承料板　29—定位销　30、31、33—凸凹模

实例 5

图 2-30 所示的电表指针支片连续式冲裁模属于标准典型结构。经工艺分析可以看出，其冲裁加工的难点、重点如下：

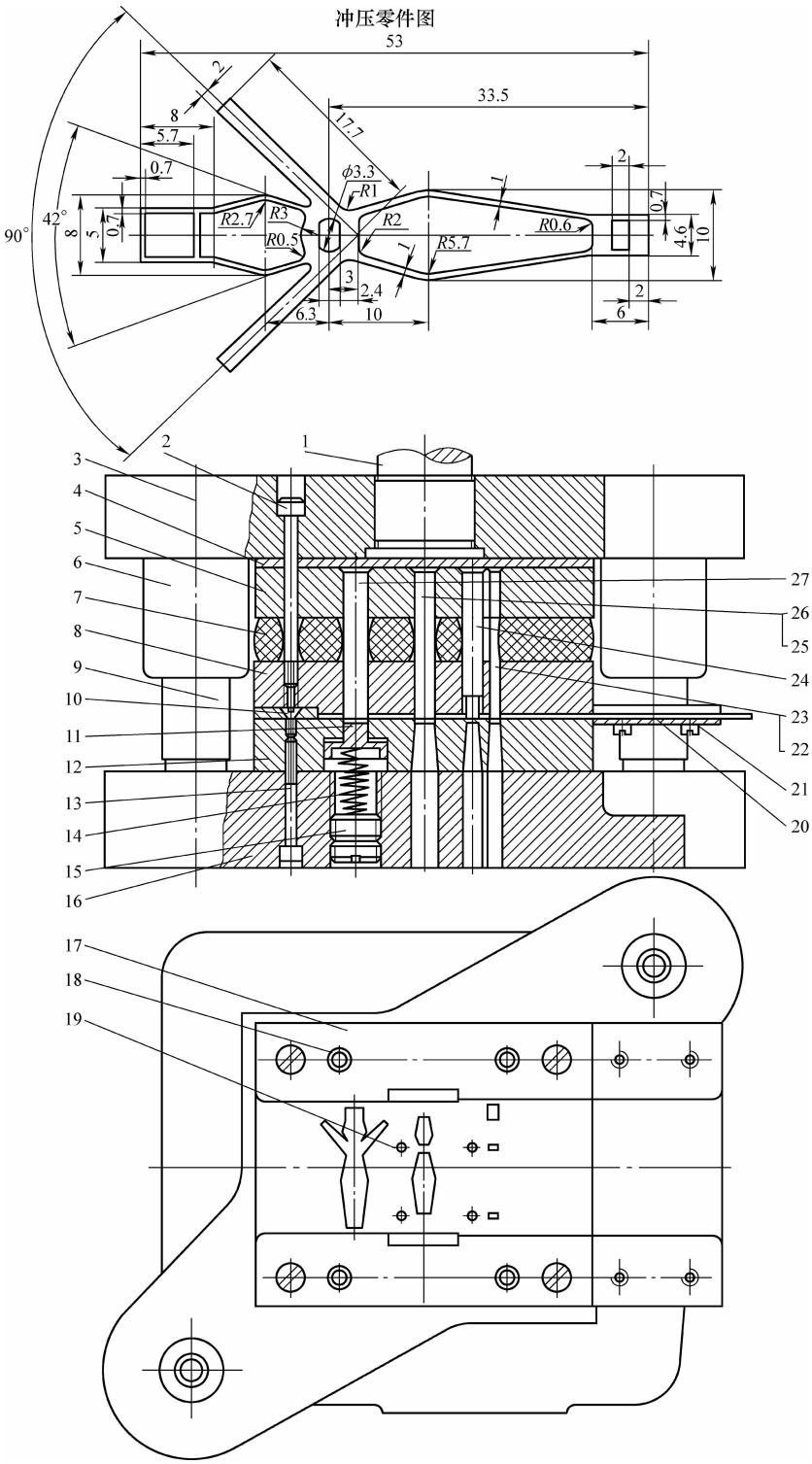


图 2-30　电表指针支片滑动导向对角导柱模架弹压卸料三工位连续式冲裁模

1—模柄　2、10、13、21—各种螺钉　3—上模座　4—垫板　5—固定板　6—导套　7—橡胶块　8—卸料板　9—导柱　11—顶件器　12—凹模　14—弹簧　15—螺塞　16—下模座　17—导料板　18—圆柱销　19—导正销　20—承料板　22、23、24、25、26—冲孔凸模　27—落料凸模

1）材料为硬铝合金带 2A10，料厚 $t = 0.6$mm。

2）冲菱形孔两个，最大的长达 27mm，而边距仅 1mm；还有矩形孔 3 个，最小边距仅为 0.7mm。

3）有宽为 2mm、长约 15mm 的两个互呈 90°夹角的细长枝芽。

4）冲压零件总长度达 53mm，主体宽仅 10mm，由 1mm 的孔边条支承。

5）群孔及枝芽均有尺寸要求，孔转角有小圆角过渡，最小圆角半径 $R = 0.6$mm。考虑冲压零件 5 个孔形状与尺寸各异，而且孔边壁厚仅 0.7 ~ 1mm，排样设计为两次冲孔后落料，计三个工位。零件 5 个孔沿其中心线布置，为提高冲孔凹模强度，使细小冲孔凸模在加粗杆部后，在其固定板上有宽裕的安装位置，可先冲相距稍远一点的 3 个矩形孔。第二工步再冲两个菱形孔，第三工步落料。

考虑到冲压零件窄又长，冲制孔型大小悬珠，排样采用单列横置直排，送料进距不大而 5 孔均在中心线上，所以安排三个冲裁工位。

这类结构的连续冲裁模适于冲制内缘与外缘尺寸相差很小，即工件孔缘壁厚很小的薄料冲压零件。由于工件群孔的孔距较小，故分三个工步冲出。为了保证工件的同轴度，除用双边侧刃切边定位外，还在第一工步搭边上，用冲孔凸模 24 冲出两个工艺定位用孔，以便在下一工步用装在固定板 5 的导正销 19 对送进材料的进距校准定位。

从冲压零件图上可以看出，工件边壁很小，整体结构刚度不好，而其料厚又仅为 0.6mm，故成品冲压零件非常容易扭曲或弯折变形。为了避免在落料时工件扭曲、弯折变形，冲模结构设计采用弹顶上出件。用顶件器 11，借助弹簧 14，在落料时将材料压紧，落料后将成品冲压零件平稳顶出凹模并于模上出件。同时，为了使工件平整和便于操作，保证送料顺畅，采用以橡胶块为弹性元件的弹压卸料板。

为了保护细长小凸模，将其杆部加粗进行加固，而将其工作刃口段压缩至加厚了的卸料板厚料一半，用凸模杆部为凸模导向。

实例 6

图 2-31 所示为标针用一模成形连续式复合模。该工件形状较简单，是一个直角弯曲件。鉴于其展开平毛坯是个细长柄的铁锹形，排样必然有较多的结构废料。经多方案对比，采用双列对排无废料排样较合适，见图 2-31 排样图。

冲压工艺工步安排为：冲除结构废料、弯曲成形、切断分离三个工步。考虑冲模结构设计需要，在第Ⅰ工位（第Ⅰ工步）后，加两个空挡工位，变成五工位三工步连续复合模。

该冲模在结构上设计的要点如下：

1）第Ⅰ工步切除结构废料与第Ⅱ工步弯曲相邻，如不将两工步拉开距离，在结构上会出现两工步凹模、凸模紧相连。凹模壁厚太小，凸模在固定板上的安装位置不够。考虑第Ⅰ工步冲切凸模断面很窄又长，从承载强度不足考虑，应予加粗杆部、压缩刃口工作段长度，需要在其固定端增大两倍的安装宽度。故在其第Ⅰ工位后加两个空挡工位。同时，也为增大其匹配凹模争取到充足的空间。

2）对称弯曲避免了单角弯曲必然产生的偏载。两件同时弯曲使弯载在模内得到平衡。不会因单向偏载使下模滑移。

3）第Ⅴ工位切断分离为单边剪截，必须在切断凸模端设计一个台阶导向头。在剪截开始之前，导头先插入凹模孔并紧靠在剪切刃口对面的侧壁上，用于平衡剪截产生的侧向力。

4）采用补偿法消减回弹。在弯曲的第Ⅳ工位凹模上，紧贴 90°弯角的凹模可制成小于

90°的角，具体小多少度合适，一般经试模后修准，这里为 89°15′。

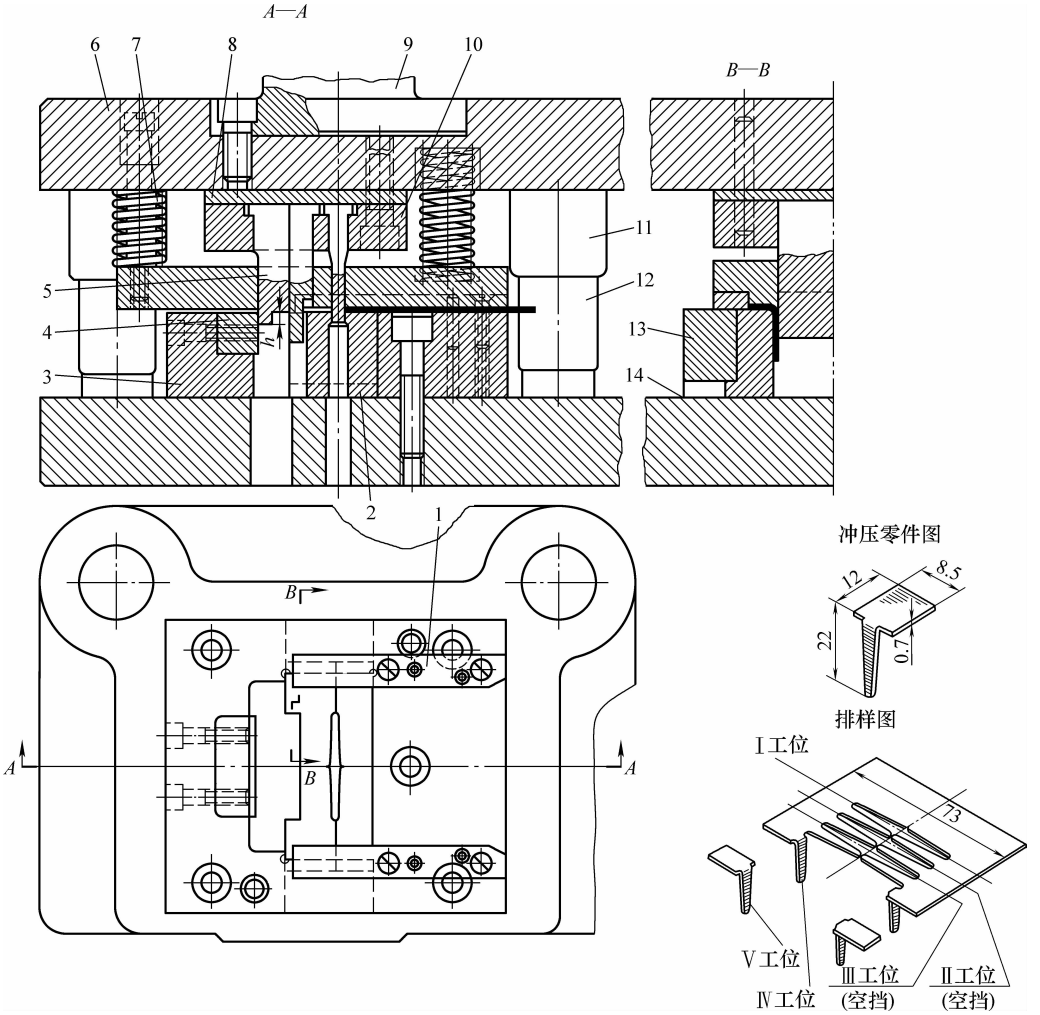


图 2-31　标针滑动导向对角导柱模架弹压卸料横向送进五工位连续式复合模

1—导料板　2—凹模　3—凹模框　4—切断凹模刃口镶块　5—切断凸模　6—上模座　7—弹簧
8—垫板　9—模柄　10—固定板　11—导套　12—导柱　13—凹模框　14—下模座

实例 7

图 2-32 所示为电表指针接片一模成形连续式复合模。该冲模采用了原 JB/T 8066. 2—1995 中凹模周界 $L \times B = 125\text{mm} \times 80\text{mm}$ 的标准规格，模具闭合高度为 150mm。

根据冲压零件及其排样图要求，该冲模的结构设计考虑，冲压零件材料为 H62 黄铜带，料厚 $t = 0.15\text{mm}$，要采用 GB/T 16743—2010《冲裁间隙》国标 I 类小间隙冲裁和落料，故采取了以下技术与结构措施：

1）冲压零件尺寸精度虽然不高，但其料厚很小。为确保凸模对小冲裁间隙还有较高精度的导向，采用了高精度 I 级滑动导向对角导柱模架。同时，采用加厚卸料板，使卸料板对细小凸模加粗后的杆部及刃口工作段导向，达到保证凹模具有均匀冲裁间隙的目的。

2）凹模采用镶拼结构，利于制模及磨损或损坏后修理更换。

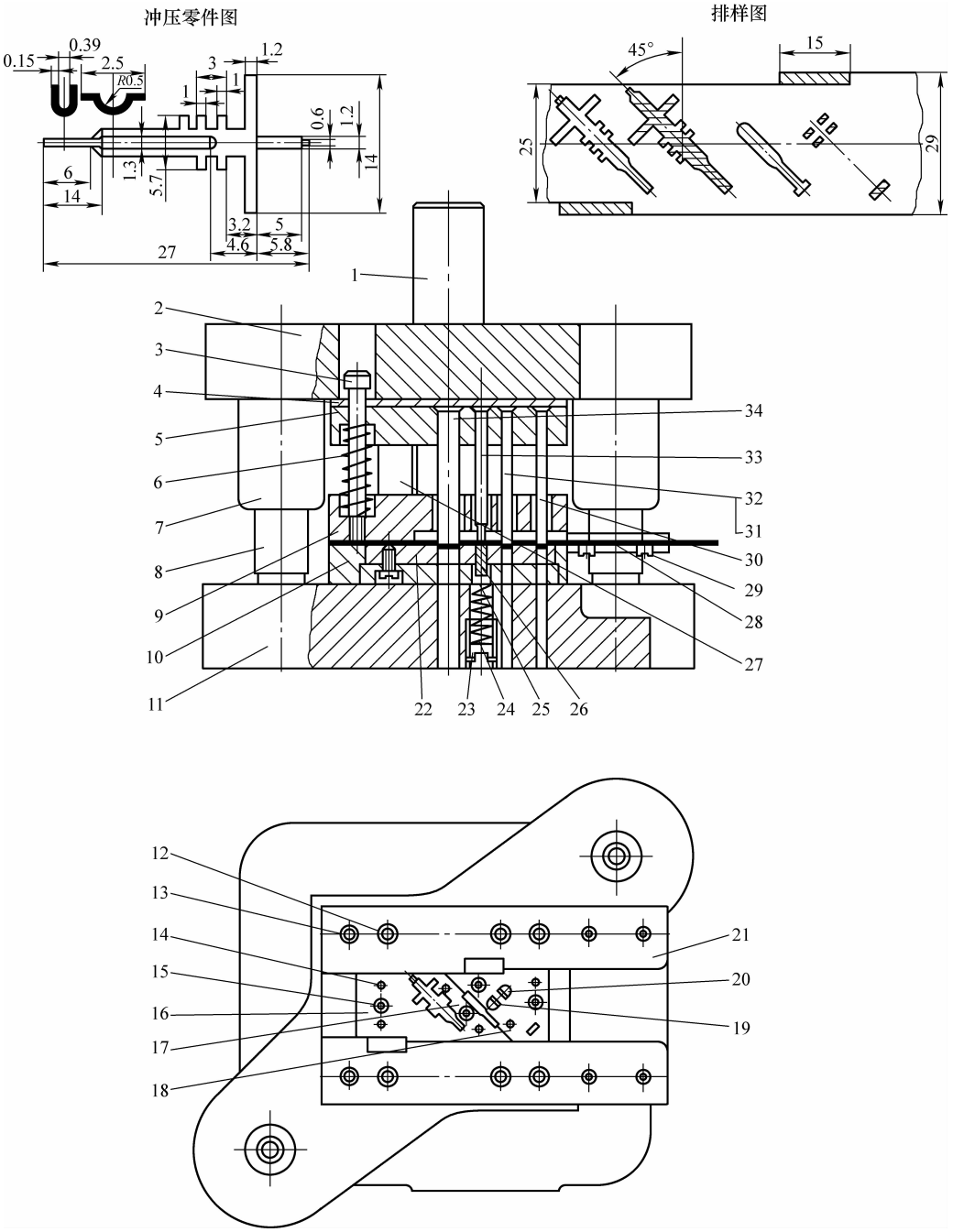


图 2-32　指针接片滑动导向对角导柱模架、高精度横向送进三工位连续式复合模

1—模柄　2—上模座　3、12、15、23、29—各种螺钉　4—垫板　5—固定板　6、24—弹簧　7—导套　8—导柱　9—卸料板　10—凹模框　11—下模座　13、14—圆柱销　16、17、18、19、20—凹模拼块　21—导料板　22—凹模拼板　25—弹顶垫　26—顶件板　27—侧刃　28—承料板　30、31、32、33、34—凸模

3）为提高铸铁模座的抗疲劳能力，采用加强型模架，即上下模座加厚、导柱加粗。

4）对于料厚 t 小于 0.5mm 的薄料、超薄料的送料进距控制，应优先选用侧刃节制送料

并用切料边定位，使送料进距精度小于 ±0.15mm；对于料厚虽大于 0.5mm，但送料进距很小，安装和使用固定挡料销，采用经济的固定挡料系统有困难的，应优先采用侧刃切边定位；要求连续（开机连闸）冲压，提高生产率的情况下，用侧刃切边定位，送料不用抬起，较适宜快速送料；对于精密小尺寸冲压零件，使用侧刃定位精度高。结合本例，上述几个选用侧刃的条件都已具备，故采用双边侧刃。

2.7 冲模的排样化快速设计

在完成成套冲模企业标准的编制工作后，应逐步推行冲模“三化”，并在实际设计、制模及修模工作中，进一步完善冲模企业标准。有了冲模“三化”工作基础，便可进行冲模排样化快速设计。

2.7.1 排样化快速设计的实质

冲模的排样化快速设计就是在冲模“三化”后，充分利用成套冲模企业标准，用冲压零件及其冲压工艺工步排样图，取代冲模总装配图，仍然要配齐冲模非标准工作零件（如凸模、凹模、凸凹模成形侧刃、凸模与凹模镶拼组合零件、凹模框等零件）加工图，构成整套模具图，交付制造。

冲模的标准化，只能对模芯即模具工作部分（包括凸模与凹模、凸凹模及其直接连接、配合等相关零部件）以外的安装、支持、夹紧、定位、推卸以及送料等系统与装置的构成零部件，进行品种类型、系列、规格的标准化及半标准化，对规则形状的圆形、方形冲裁凸、凹模进行标准化，对冲模的常用结构形式进行典型化、标准化。模具工作部分随冲压零件及其冲压工艺变化，只能因件而异，进行专门的设计。

冲模排样化设计，是在给定冲模标准类型与结构的基础上，省去结构设计，选用标准定型的典型结构与限定规格，只设计和绘制模芯部分非标准工作零件图，从而节省设计工时，压缩设计周期。

2.7.2 排样化快速设计的一般程序

作为一种简捷的冲模设计方法，通常都只能因件而异，根据冲压零件的不同类型及其不同的冲压工艺过程、冲压排样图等，往往采取不同的设计步骤，以达到尽量压缩设计周期的目的。

1. 标准通用的冲压零件用冲模

这类冲压零件通常所用原材料种类、料厚及其供应状态与力学性能都是已知和不变的；其冲压工艺过程及排样图，以及所有冲模的类型与结构，都依然如故，实际上相当于复制以前冲模的备份，制造同样冲模的第二套或第几套，只是用户不同。

有一种情况是冲压零件相同，但是料厚减小或增大，材质改变或技术要求提高，如尺寸精度提高或要求毛刺小等。这对冲模整体结构无影响，主要是改变冲裁间隙，提高冲模制造精度，配用高精度模架。

另一种情况是冲压零件形状、材质及技术要求一样，但其平面尺寸不同，甚至相差较大。这种情况对采用相同的冲模结构也只是改变尺寸规格，选更合适标准规格而已。

不论是上述哪种情况，只要在《冲模典型结构组合》与《冲模典型结构图册》企业标

准中，以及计算机图形库、模具底图档案中，可以找到相同或近似的已生产过的冲模，便可依照欲冲压零件或其展开毛坯排样图，参照旧冲模设计新冲模。而且只用绘制出详细的排样化快速设计总图，提供参照冲模编号或典型组合标准号，即可投入制造。

2. 选用典型结构组合企业标准进行排样化设计

《冲模典型结构组合》企业标准，一般更细、更深、更广泛。所谓更细是指配套用零部件品种、类型更多。例如：根据冲裁料厚、冲压零件尺寸精度，规定配用不同精度的模架；模座有铸铁、钢的及相同规格而厚薄不同的，可按需要选用；侧刃不仅种类多，而且切边长度超过 JB/T 7648.1—2008《冲模侧刃和导向装置　第 1 部分：侧刃》规定，其切边长度仅为 5.2 ~ 40.2mm，企业标准可达 3.5 ~ 60mm，而且中间间隔不限，还可更长一些。所谓更深是指典型结构组合进一步细化到每种类型冲模结构，都有单工序落料模、冲孔模、各种成形模和多工位连续冲裁模的典型结构示例。所谓更广泛是指企业增补了大量常用标准零部件、典型结构组合，并配有企业标准规定与推荐使用的冲压零件等使用实例。因此，无论设计、制造还是修理，可操性很强。

有了上述《冲模典型结构组合》企业标准及“三化”基础，进行排样化设计就很简便了。其步骤如下：

1）依据冲压零件图及其冲压工艺和排样图，确认欲设计冲模种类、类型及套数。

2）计算冲模的凹模周界 $L \times B$，并依此选择已定冲模类型的标准规格。

3）确定冲模定位方式及定位系统构成的标准零部件。

4）按标准给定闭模高度范围及要求送料方向、导向精度配用模架。

5）计算模具压力中心，核定模架尺寸与工艺，选定冲压设备类型、吨位及装模空间。

6）绘制排样化模具设计总图，计算并写出冲模技术规格与制造技术要求。

7）填写选用典型结构组合标准号及构成零部件标准明细表。

8）设计并绘制非标准工作零件（如凸模、凹模、凸凹模等）加工图。

9）进入校对、审核、标准检查及批准等质量管理程序。

10）成品冲模图入库。

2.7.3　冲模排样化快速设计实例

1. 导柱模架固定卸料结构多工位连续模排样化设计

这类结构冲模可以配用各种滑动导向或滚动导向模架，有纵向送料与横向送料两种典型结构组合标准各 33 个，共 66 个标准规格可供设计选用（见原 JB/T 8065.3、4—1995）。

实例 1

图 2-33 所示为使用上述典型组合标准进行排样化快速设计的模具总装配图。

该冲压零件是一个平板冲裁件。对于这类零件的冲模结构设计，当采用排样化快速设计时，应特别注意以下几点：

（1）冲孔后落料两个工位凹模的相互尺寸连接与相对位置

1）先计算出冲模的压力中心 O。此例压力中心在落料凹模刃口 O 点中心线上。

2）搭边 a 是 1.5mm，送料进距为 $S = 58\text{mm} + 1.5\text{mm} = 59.5\text{mm}$。

3）第Ⅰ工位冲孔与第Ⅱ工位落料的两工位中心距 $L = S^{+0.1}_{0}$。

（2）每根条料入模首件定位　采用始用挡料装置 1，让其挡料边与落料刃口差 0.3mm，即条料首件送入冲孔后其端头沿边 $a_1 \approx$（1.5 − 0.3）mm = 1.2mm。第Ⅱ工位落料用固定挡

料块 2，设计其挡料边距刃口为：$L_1 = a_1 + (0.2 \sim 0.3)\ \text{mm} = 1.7 \sim 1.8\text{mm}$。正常情况下，首件落料仍可保证 1.4～1.5mm 端头沿边。

（3）导料槽结构设计及改进　两个导料板 12 构成的导料槽，其宽度按送进条料宽度最大值 B_{max} 并适当加大。本例中条料宽 $B = 63_{-0.2}^{0}\text{mm}$，最大条料宽度 $B_{max} = 63\text{mm}$。导料槽入料口宽度 $B_{导} = B_{max} + (0.1 \sim 0.5)\ \text{mm} = 63.1 \sim 63.5\text{mm}$。鉴于料厚 $t = 1.5\text{mm}$，取 $B_{导} = 63.1\text{mm}$，同时考虑制造公差为 0.1mm，得 $B_{导} = 63.1_{0}^{+0.1}\text{mm}$。

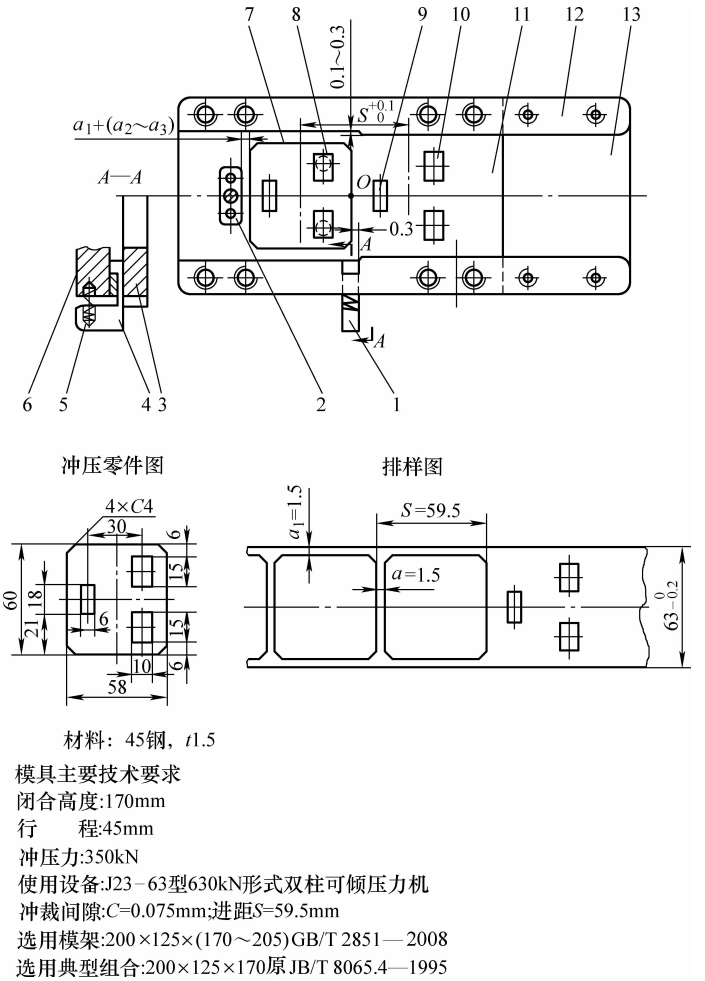


图 2-33　底板连续冲裁模排样化设计冲模总图

1—始用挡料装置　2—固定挡料块　3、11—凹模板　4—挡销　5—弹簧　6—卸料板
7—落料凸模　8—导正销　9、10—冲孔凸模　12—导料板　13—承料板

在第Ⅱ工位落料后，搭边框两边沿边宽仅为 1.5mm，受到落料凸模的挤压，必然向导料板方向展宽并卡紧，加大了送料阻力，有时会出现卡模。对于 $t \leqslant 1\text{mm}$ 的薄料，可使导料板的导料面向外斜 30°角，贴近凹模表面可保留 2mm 左右为直壁，这样减小搭边框推送阻力，便可保证送料顺畅。当 $t > 1\text{mm}$ 时，为了在导料槽入料口一段能让条料贴紧导料板送进

而不会歪斜，仅在导料槽出料口一段按图示形状与尺寸加工。

（4）始用挡料装置　始用挡料装置为非标准的，故在图中示出，见 *A*—*A* 剖视图件 3 ~ 6。

（5）合理标注尺寸　多工位连续模设计中，尤其采用排样化快速设计应注意其尺寸的合理标注，图 2-34 所示为一个典型实例，可供参考。

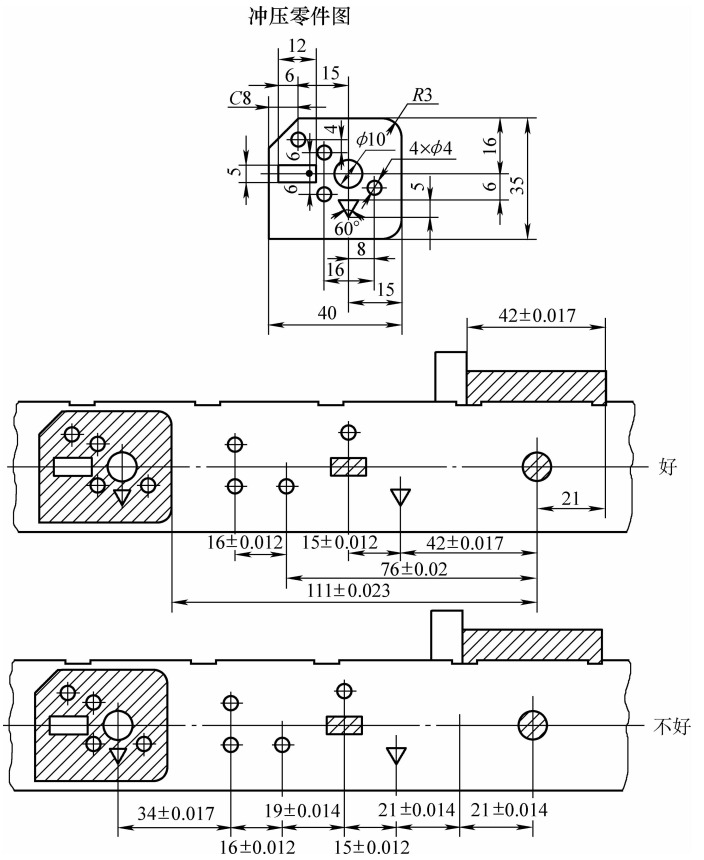


图 2-34　多工位连续模排样化快速设计的尺寸标注方法

2. 弹压卸料导板式连续模排样化设计

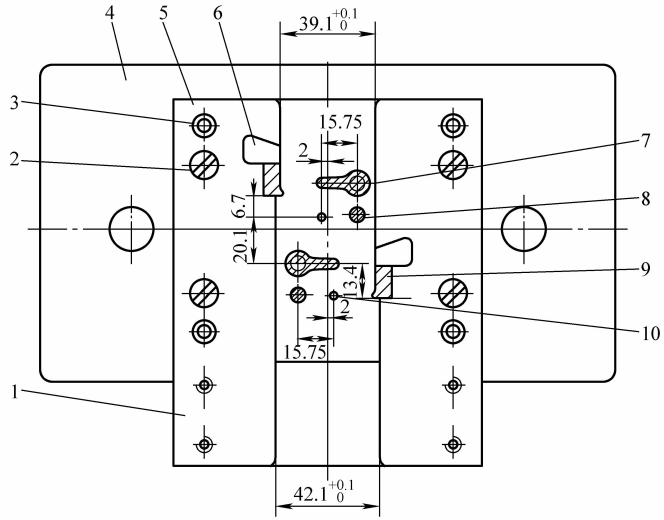
实例 2

图 2-35 所示为连接片弹压卸料导板式连续冲裁模的排样化快速设计模具装配图。

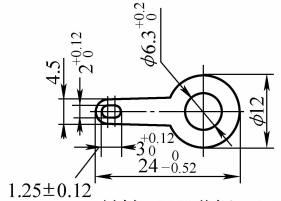
3. 复合冲裁模排样化快速设计

实例 3

图 2-36 所示为变压器硅钢片倒装式圆形薄凹模复合冲裁模排样化快速设计模具装配图。

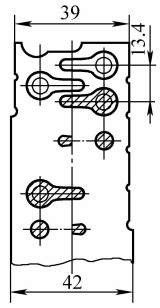


冲压零件图



材料：H62黄铜，t0.5

排样图



模具的主要技术要求

闭合高度：155mm

行　　程：10mm

冲压力：163kN

进　　距：13.4mm

料　　宽：42mm

冲裁总间隙：0.02mm

使用设备J12－25型 250kN偏心压力机

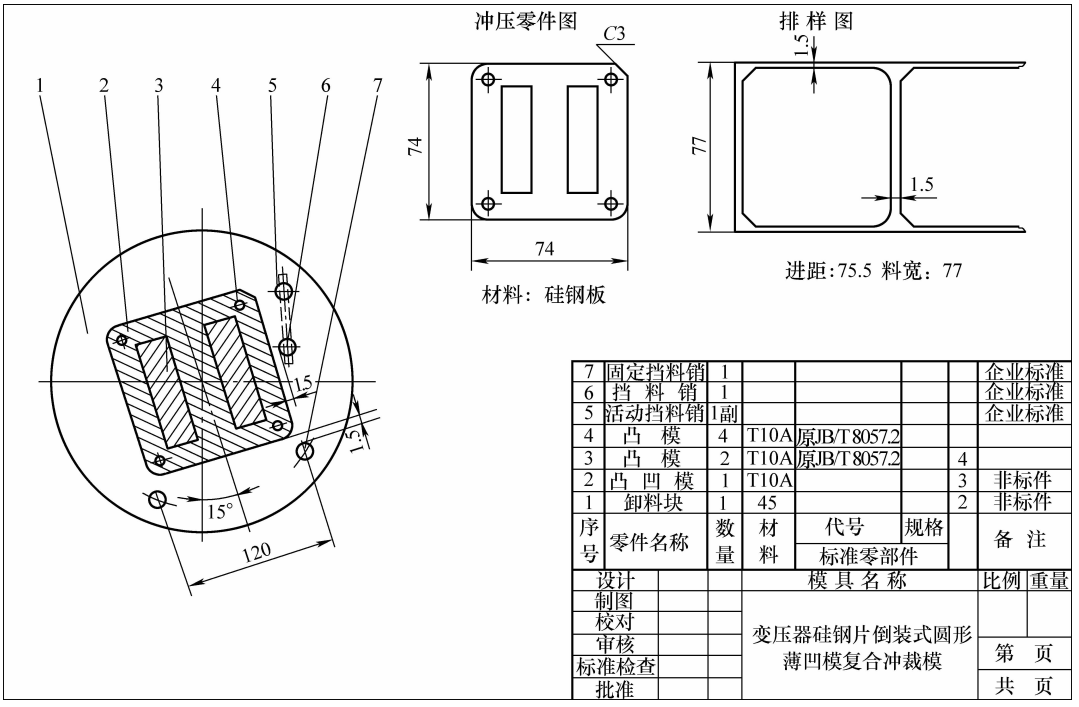
打标记：MK02－7

选用典型组合：160×125×155原JB/T 8068.3—1995弹压导板纵向送料典型组合

序号	零件名称	数量	材料	代号 规格 / 标准零部件	页次	备注
10	冲孔凸模					附加工图
9	侧　刃			JB/T 7648.1		
8	冲孔凸模					附加工图
7	落料凸模					附加工图
6	侧刃挡块	2		JB/T 7648.2		
5	凹　模					附加工图
4	下模座					
3	销　钉					
2	螺　钉					
1	导料板	2		JB/T 7648.5		

设计			模具名称	比例	质量
制图			连接片弹压卸料导板式连续冲裁模		
校对					
审核			模具代号	第　页	
标准检查			MK02－7	共　页	
批准					

图 2-35　连接片弹压卸料导板式连续冲裁模的排样化快速设计模具装配图



序号	零件名称	数量	材料	代号	规格		备注
7	固定挡料销	1					企业标准
6	挡 料 销	1					企业标准
5	活动挡料销	1副					企业标准
4	凸　模	4	T10A	原JB/T 8057.2			
3	凸　模	2	T10A	原JB/T 8057.2		4	
2	凸 凹 模	1	T10A			3	非标件
1	卸料块	1	45			2	非标件

设计			模具名称	比例	重量
制图			变压器硅钢片倒装式圆形薄凹模复合冲裁模		
校对				第　页	
审核					
标准检查				共　页	
批准					

图 2-36　变压器硅钢片倒装式圆形薄凹模复合冲裁模的排样化快速设计模具装配图

第 3 章　冲裁模的结构设计

3.1　冲裁加工及冲裁模类型

3.1.1　冲裁加工的种类

冲裁是冲孔与落料工艺作业的总称。冲孔是切舌（切开）、冲口、冲任意形状孔的通称；落料就是冲压零件的外形整体冲切并与原材料分离。此外，还包括剪切、剪截、切边、剖截、整修、裁切等分离冲切工序。一般讲来，从原材料上冲切分离出来的是废料或非主冲裁件的工艺作业，称为冲孔；从原材料上冲落分离出来的是主冲裁零件，则该冲切工序称为落料。整修、拉深件切边与剖截等属于半成品冲切加工，虽也是分离冲裁作业，但既不是冲孔，也不是落料。冲裁分离作业工序的实质，是冲裁模刃口施加给原材料的压力，超过其抗剪强度，材料便产生分离。故除上述板料的冲孔与落料之外，还应包括拉深件的切边、剖截、平板冲压零件的整修、非金属板料的裁切、线材与杆料的剪截、型材剪截与冲孔等，都属于分离作业的冲裁工序。

冲裁工序是板料冲压中使用最多的基本工艺工序，是所有冲压零件，无论是平板冲裁件，还是弯曲、拉深、翻边等各种成形的立体形冲压零件，都必不可少的冲压加工工序。且不说绝大多数立体成形冲压零件，都具有各种形状的孔、切口，即便无孔，其展开毛坯还是要经过落料冲裁，从原材料上分离出来。故冲裁模及含冲裁工步的多工位连续模、复合模，在冲模中数量最大。

3.1.2　冲裁加工的工艺作业工序及特点

1. 冲裁加工的工艺作业工序

板、片、条、带、卷料和线、杆、型材及冲压毛坯和半成品，以及其他加工工艺提供的半成品，包括铸、锻、焊、铆、金切加工等半成品，都可进行冲裁加工。

（1）板料、片料和条、带、卷料冲裁加工的工艺作业工序

1）剪切。

2）剪截，亦称剪断。

3）冲口，亦称冲缺。

4）切口（切舌），亦称切开。

5）冲孔。

6）落料。

（2）板料冲压的毛坯与半成品冲裁加工的工艺作业工序

1）整修，包括外缘整修、内缘整修、叠料整修、振动整修。

2）切边，指拉深件的垂直切边与水平（横向）切边

3）光洁冲裁，包括负间隙冲裁、微间隙圆刃口冲孔与落料、微间隙冲深孔、挤压冲裁。

4）剖截，含拉深件与弯曲件剖截，亦称剖切。
5）切角、切口、冲口（冲缺）。
6）冲切内外圆弧（圆角）。
（3）线、杆、型材与非金属板料冲裁加工的工艺作业工序
1）剪截，亦称剪断。
2）裁切，指非金属板料冲裁。
3）冲孔，主要在型材上冲孔。
4）切口。
5）切角。
6）杆、棒料切扁。
（4）铸、锻、焊、铆、金切加工零件、半成品冲裁加工的工艺作业工序
1）冲孔与冲盲孔连皮。
2）切毛边即模锻件切边。
3）切口与切角。

2. 冲裁加工的特点

上述对各种不同材料的冲裁加工，其共同的特点都是通过刃口类的模具，从原材料上冲出零件或从毛坯、半成品上冲去余料，获得成品零件。因此，使材料分离是其加工特征。而使材料分离的工具，就是进行各种不同冲裁工艺作业的带刃口的冲模。一般所说的冲裁模是对上述各种材料、半成品，进行以上所列各种分离工艺作业，及还未列出的其他专门与特殊的分离作业，所使用的各种冲模。

3.1.3　冲裁模的结构类型

仅进行冲裁加工的冲模，其结构类型很多。适于中小型冲裁件成批和大量生产的普通全钢冲模，按其结构特点及冲裁工步的组合程度与方式可分为以下多种：

1）无导向单工序冲裁模。
2）无导向固定卸料单工序冲裁模、连续冲裁模及复合冲裁模。
3）固定卸料导板式冲裁模、连续冲裁模、复合冲裁模（较少）。
4）导柱模架固定卸料冲裁模、连续冲裁模、复合冲裁模。
5）导柱模架弹压卸料冲裁模、连续冲裁模、复合冲裁模。
6）弹压卸料导板式冲裁模、连续冲裁模、复合冲裁模。
7）线材、杆料及型材剪截模。
8）光洁冲裁模。
9）整修模。
10）精冲模（含单工序精密冲裁模、连续冲裁精冲模、复合冲裁精冲模）。
11）拉深件垂直切边模和水平（横向）切边模、剖切模。
12）弯曲件剪截模。
13）板料通用的剪切模、切角模、冲孔与冲圆弧模。
14）低熔点合金冲裁模、连续冲裁模、复合冲裁模（用于小批生产）。
15）钢带冲裁模、连续冲裁模、复合冲裁模（用于小批生产）。
16）聚氨酯橡胶冲裁模、连续冲裁模、复合冲裁模（用于小批生产）。

17）硬质合金连续冲裁模、复合冲裁模。

3.2　单工序冲裁模结构特点及设计

在压力机的一次冲压行程中，只完成一个冲裁工步的单工序冲裁模，不光是冲孔模、落料模，还包括一次同时冲制群孔、冲多个切口的冲模，一个工步内同时冲孔、切口及冲开的冲裁模，以及拉深件垂直切边、水平切边等较复杂的冲裁模。这类冲模用于不同的冲裁工艺作业，其结构的繁简与复杂程度相差悬殊。依其结构特征兼顾其用途细化分类，便可大致区分出其结构复杂程度、标准化程度及商品率，为其市场化运作创造有利条件。

3.2.1　无导向装置的单工序冲裁模

结构简单的落料与冲孔用冲裁模，一般既无模架，也无导板与卸料板，甚至还没有定位装置，只有整体结构的或镶拼组合结构的凸模与凹模。为卸料方便，有在凸模上装橡胶块或弹性卸料器，也有在下模上装卸料爪、卸料块用于卸料。

实例 1

图 3-1 所示是一套结构简单、通用性强的一般精度、形状规则而简单的平板冲裁件落料模。该模具在结构设计上有以下一些特点：

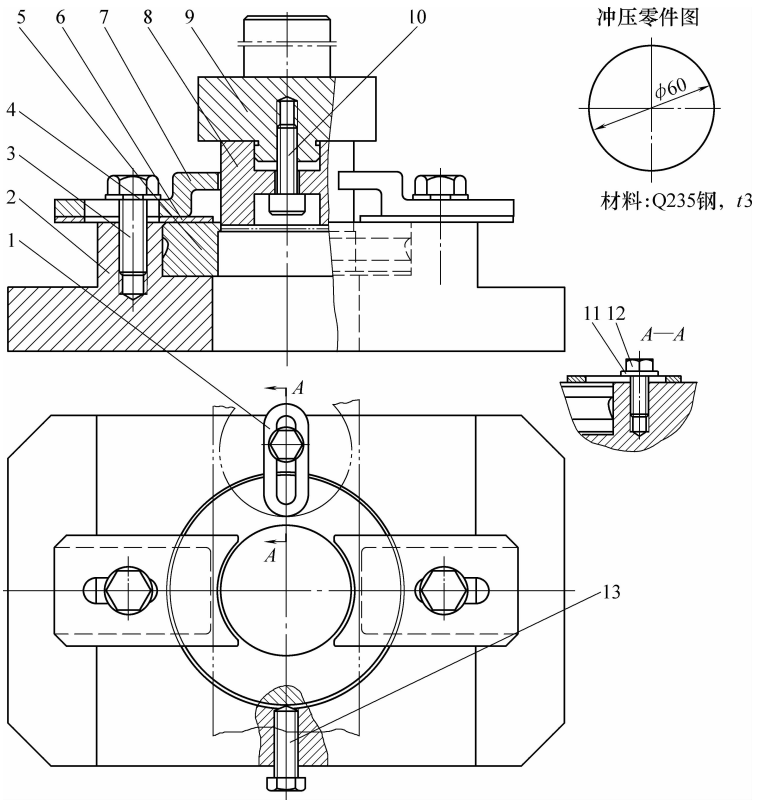


图 3-1　圆片无导向敞开式落料模

1—可调定位板　2—下模座　3、10、12、13—螺钉　4、11—垫圈

5—凹模　6—导料板　7—卸料爪　8—凸模　9—模柄

1）标准化与通用化程度高。除工作零件凸、凹模是可换的非标准零件外，其他零部件均为工厂常用的和机械行业冷冲模成套标准件，可以通用。

2）冲模结构通用性强，使用范围较广。该冲模的工作零件可依需要更换；两导料板构成的导料槽宽窄与高低均可调，可以适用的料厚、条料宽度范围更广一些；可调定位板，不仅可调圆形工件的搭边大小，还可改变圆形挡料形状，即可用于其他形状工件的落料定位；通用标准下模座中的标准圆形凹模板可随时更换成欲冲裁工件凹模。

该模具可用于 ϕ40 ~ ϕ100mm 圆片落料，相当尺寸的方形、矩形以及类似简单形状的平板冲裁件落料均可采用，但必须依冲压工件更换凸、凹模；按送进料宽调整导料板与卸料爪；按送料进距及搭边大小调整挡料板。

实例 2 ~ 4

有一些较大尺寸的冲裁件，为简化冲模结构，减轻模具质量并减少制模钢材消耗，降低模具造价，缩短制模周期，经常采用无导向敞开式结构冲裁模。

图 3-2 ~ 图 3-4 所示为电机长腰形罩壳、异形拉深件分序多模冲制所用三套不同分离作业的冲裁模，具有典型性。

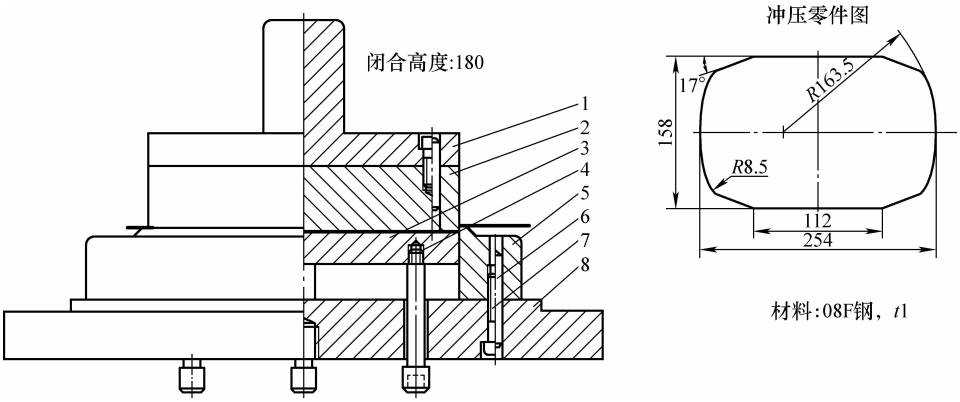


图 3-2　电机长腰形罩壳拉深毛坯落料模

1—模柄　2—凸模　3—顶板　4—螺钉　5—凹模　6—圆柱销　7—螺钉　8—下模座

电机的长腰形罩壳，是一个带方形宽凸缘的异形拉深件，采用成对拉深最后剖切成两件的分序多模冲压工艺。以上图 3-2 ~ 图 3-4 所示拉深毛坯落料、拉深件切边以及拉深件剖切等三套不同分离作业的冲裁模，结构相对复杂一些。

其毛坯落料模结构选型，考虑工件为料厚仅 1mm 的软钢板，毛坯尺寸又较大：长 × 宽 =254mm × 158mm，采用落料后反顶模上出件，毛坯虽料薄、尺寸大、易变形，由于弹压板将料校平后反顶出模，确保毛坯平整，为提高拉深件质量打下了基础。

凹模采用凸台刃口，使冲裁件能从原材料顺利分离，并便于从凸模上卸下搭边框而不会损伤工件。手工送料，操作方便，刃磨也方便，且刃磨量减少了许多。

因拉深具有宽窄不一凸缘的异形拉深件，要通过切边获得规定形状的平凸缘，切边模的刃口形状与尺寸，靠镶拼结构的刃口加以控制。凹模的镶块拼合后用加热凹模框靠热胀放大，套住镶拼组件，待凹模容框冷却后收缩夹牢镶块。

剖切模的结构设计，考虑采用拉深件的对应边凸缘和设置定位板紧靠拉深件外侧定位，用厚为 15mm 的剖切刀，从拉深件中间剖切，成为两件。切缝宽 15mm 在拉深件上考虑。较

宽的切缝可提高剖切刀寿命，并提高工件剖切面质量，保证工件光洁平直无手感毛刺。

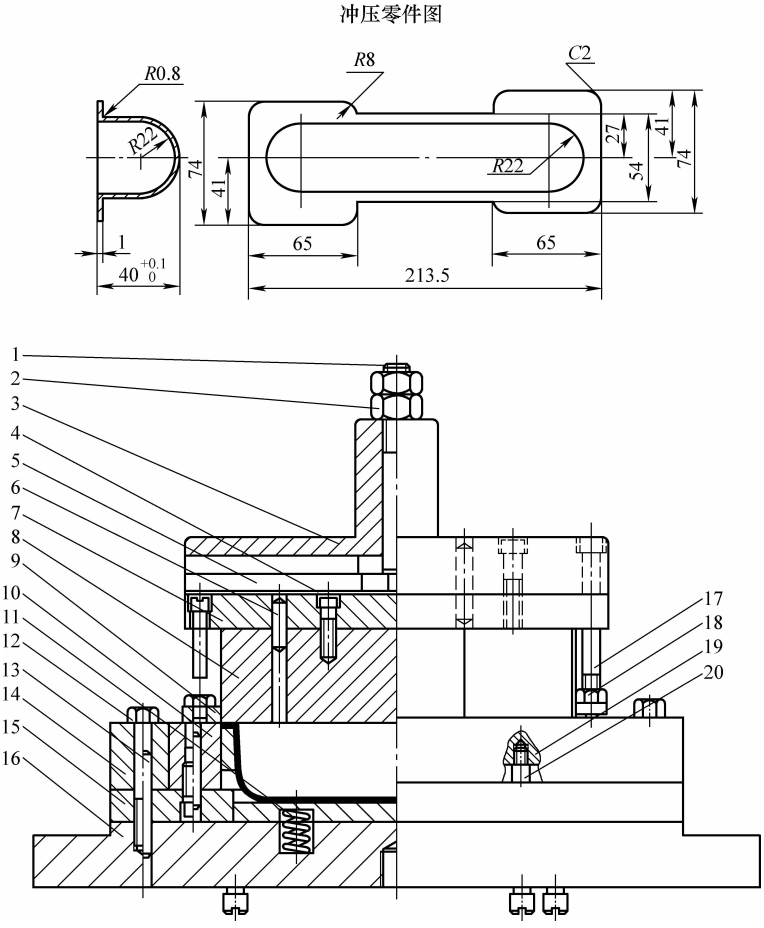


图 3-3　电机长腰形罩壳拉深件切边模

1—打棒　2、4、12、17、18、20—各种螺钉　3—模柄　5—四脚打板　6、13—圆柱销　7—凸模固定板　8—凸模　9—卸料板　10—凹模　11—弹簧　14—热套圈　15—凹模垫板　16—下模座　19—定位顶料板

拉深件剖切模都是单工序冲模，但其结构设计存在着工件夹持、压料、剖切刃口形状的设计，剖切件尺寸与几何精度控制等诸多问题。图 3-4b 所示为仪表壳剖切模结构形式。考虑仪表壳有较高尺寸精度要求，并不准有肉眼可见的剖切毛刺，故设计采用后侧导柱模架，弹压卸料板、可调夹紧定位装置；同时，采用大于 3 倍料厚的剖切刀，并使其具有 120°尖角刃口，见图 3-4b，使用效果较好。

实例 5

图 3-5 所示为一套有凸缘、带台阶的圆筒形拉深件垂直切边模。该冲模虽无导向装置，但有可靠的定位系统，并装有废料切断刀。只要在安装冲模时仔细调试，控制合理切边行程，保证切边上模能在切边后下行与废料切断刀接近，将切边废料切断。但不得下行过深，以避免压坏工件并与废料切断刀刃口相碰。

无导向单工序冲裁模通常在以下场合使用：

1）冲裁件尺寸精度不高，一般低于 IT12。

2）冲裁料厚较大，通常 $t \geqslant 1\text{mm}$。

3）冲裁线形状为圆、方、矩、长圆，或多角以及类似或接近的、规则而简单的几何形状，冲裁线圆滑、平直、无锐角与齿形、小凸台，以及细长枝芽、悬臂等冲切形状。

4）冲裁件产量不大。

5）对冲裁件冲切面质量、毛刺及平面度无要求。

6）冲裁件尺寸较大，推荐最小冲裁件尺寸：长 × 宽 × 料厚 $= L_{件} \times B_{件} \times t \geqslant 25\text{mm} \times 10\text{mm} \times 1\text{mm}$；更小尺寸及更薄料厚的冲裁工件，为安全计，不推荐用敞开模冲制。

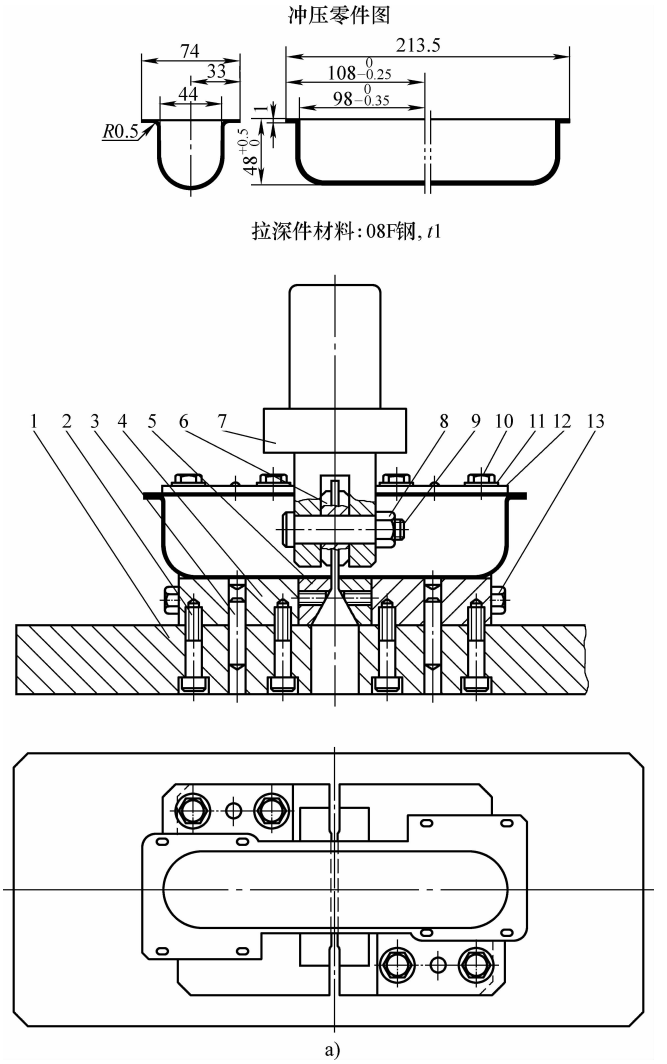


图 3-4　电机长腰形罩壳和仪表壳拉深件剖切模

a）电机长腰形罩壳拉深件剖切模

1—下模座　2、8、10、13—螺钉　3—圆柱销　4—凹模座　5—凹模　6—剖切刀　7—模柄　9—芯轴　11—垫圈　12—定位板

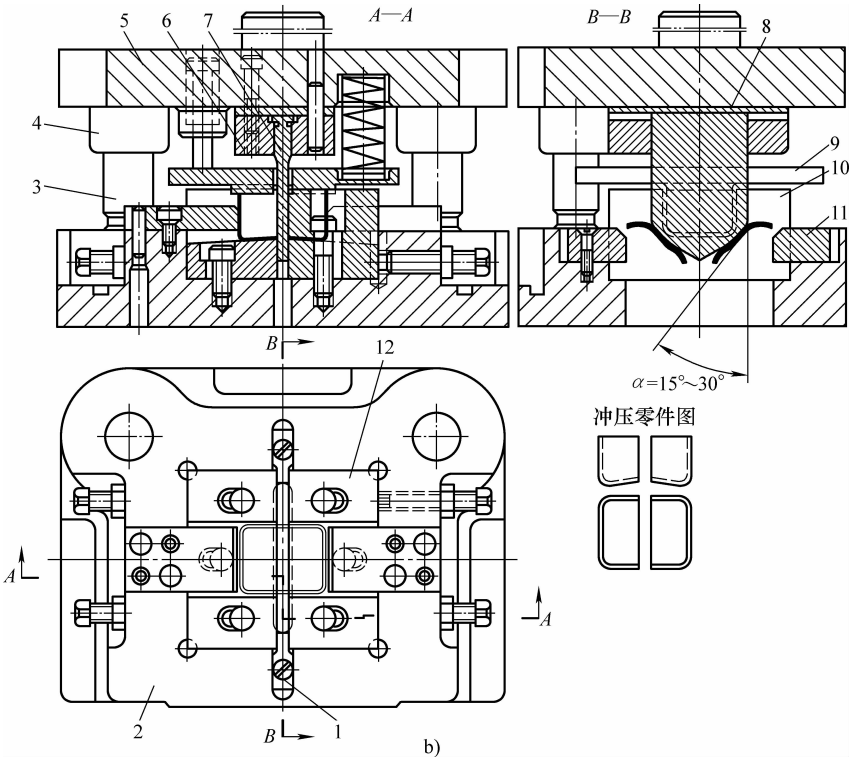


图 3-4　电机长腰形罩壳和仪表壳拉深件剖切模（续）

b）仪表拉深件剖切模

1—凹模夹座　2—下模座　3—导柱　4—导套　5—上模座　6—凸模固定板
7—剖切凸模　8—垫板　9—弹压卸料板　10—凹模框　11—凹模夹座　12—可调凹模板

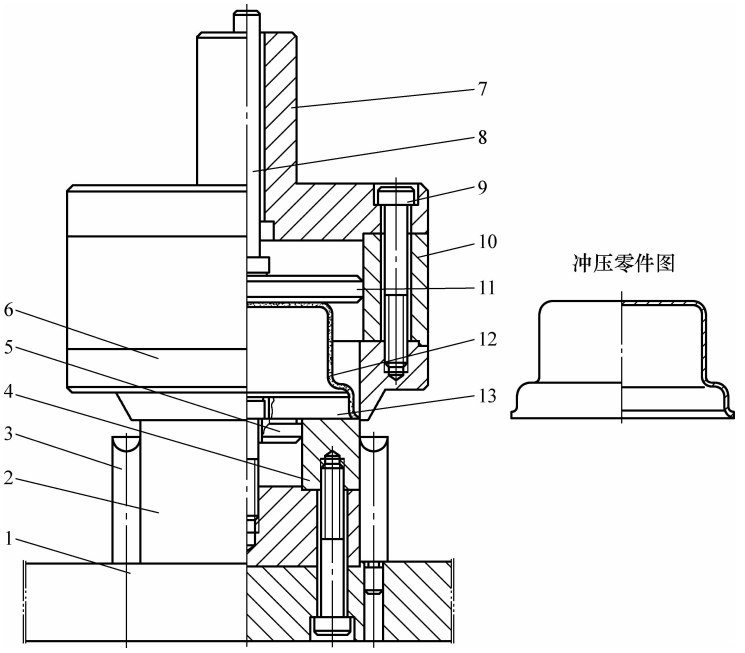


图 3-5　有凸缘、带台阶圆筒拉深件垂直切边模

1—下模座　2—切边下模　3—废料切断刀　4—切边凸模　5—定位钉　6—切边凹模
7—模柄　8—卸件打杆　9—螺钉　10—空心垫板　11—推板　12—工件　13—定位板

3.2.2　有导向装置的单工序冲裁模

这类冲模冲压零件精度高，质量好。一些特种冲裁加工，大多用这类结构冲模，如负间隙冲裁、微间隙圆角刃口冲裁、冲小孔、冲深孔、整修等。这类冲模结构形式多而复杂，制造精度也较高。

图 3-6 ~ 图 3-9 及图 3-4b 等所示为有导向装置的各种单工序冲模，实施不同冲裁工艺作业所用的实用典型结构。其各具特色的结构形式，与其实施的冲裁作业任务密切相关。其冲压精度与冲压零件质量都是较好的。但与连续模、复合模相比，生产率较低。

实例 1

图 3-6 所示开口垫圈，尺寸较小，但料厚 t 达 1.5mm，而其产量又较大。采用单列排样或多列排样都将遇到开口垫圈内外径相差仅 5mm，壁厚为 2.5mm，但其料厚为 t = 1.5mm，又有 5mm 切口。单工位单列复合冲裁，不仅因工件尺寸小，料厚大，凸凹模壁厚相对薄弱，顶（卸）件压力大，生产效率低，凸模与凹模刃口易磨损，寿命低。多列排样也因工件尺寸小，凸模与凹模固定端加固后，安装有困难；增大搭边浪费材料，不合算。采用多列连续冲裁，也会出现类似问题，给冲模结构设计带来困难。

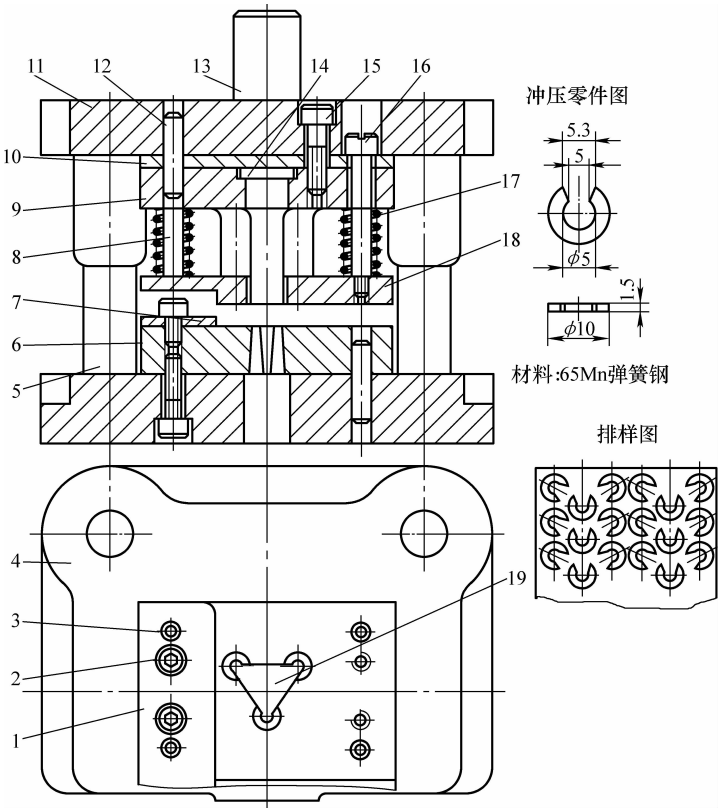


图 3-6　开口垫圈多件冲裁模

1、7—导料板　2、8、15、16—螺钉　3、12—销钉　4—下模座　5—导柱　6—凹模　9—固定板
10—垫板　11—上模座　13—模柄　14—凸模　17—卸料弹簧　18—弹压卸料板　19—凹模镶块

根据以上分析，为满足高效、大批量生产，同时冲模具有更高的寿命，采用三列三个开口垫圈按 60°角等边三角形的角对称布置。一模三件，凹模依三个工件组合对称，采用凹模

整体镶块件，使模具结构得以简化，方便了制模。

实例 2

图 3-7 所示为一套中厚板高精度冲孔模。从图示冲孔零件图可以看出，其材料为 t = 4mm 的低碳钢板，一次冲出三种孔径的 4 个孔。其中，最大孔径 $d_{max} = \phi 3.30^{+0.05}_{0}$mm，最小孔径 $d_{min} = \phi 2.03^{+0.09}_{0}$mm，中等大小的圆孔两个 $d = \phi 2.80^{+0.12}_{0}$mm。群孔各孔距都有公差要求，最小孔中心距为 6.2mm ± 0.05mm。

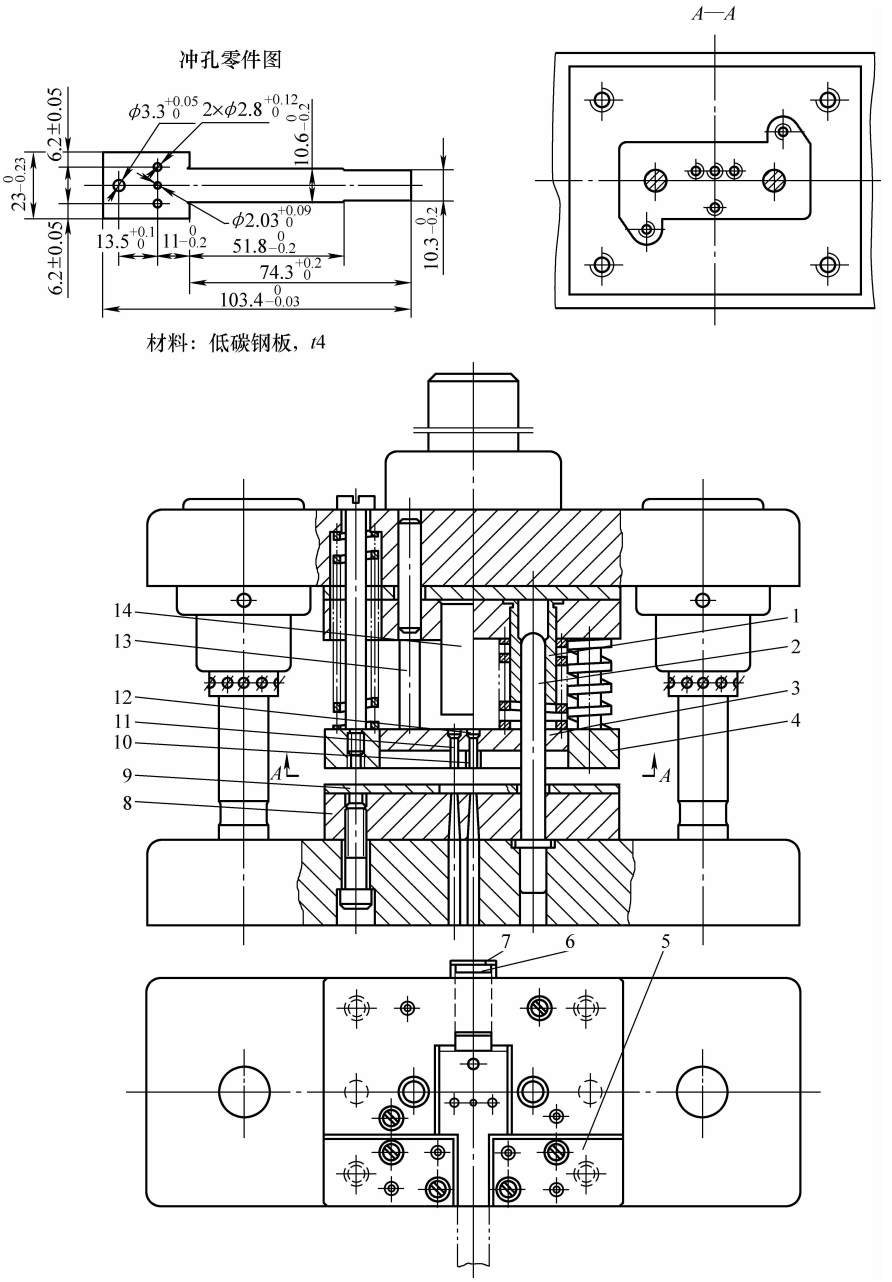


图 3-7　滚珠导柱模架弹压卸料导板式精冲孔模

1—小导套　2—小导柱　3—小压板　4—卸料板　5—定位板　6—侧压块　7—片簧
8—凹模　9—定位板　10—凸模　11、12—凸模　13—螺钉　14—冲击块

众所周知，冲压制孔与切削钻孔相比，最大优势在于效率高。但普通冲孔的孔壁远不如钻孔光洁。精冲小孔可以提高冲孔质量，使孔壁的表面粗糙度值 $Ra<1.6\mu m$，达到钻孔的水平。图3-7所示的精冲孔模具有这种工艺功能，可以实施精冲小孔。

该冲模的结构设计采用了较完善的高精度导向结构。

1）采用了滚动导向中间导柱滚珠导柱模架。按JB/T 8050—2008《冲模模架技术条件》的规定，该模架的导柱与匹配的滚珠导套采用0.01～0.02mm的过盈配合，故该模架可以对其模芯实施接近零误差的导向。

2）在下模座上安装两只小导柱，穿过凹模板、定位板、卸料板并与装在凸模固定板上、外套弹簧的长导套匹配，构成“三板”同柱，即凹模板、定位板、卸料板并延伸至凸模固定板，由“三板”同柱扩展为多板同柱，确保上、下模芯具有更好的同轴度，对凸模有更高精度的导向。

3）上、下模座的模芯安装在两模座相对平面上，依标准规定两者平行度，按模座大小有0.012mm～0.15mm的偏差，安装两组小导柱使模芯上、下模多板同柱，而使其不影响模具上、下模精确导向。

4）采用超短冲孔凸模，并将其装在强力弹压卸料板内的专用压板组件内，用专门冲击块冲击压板，使凸模冲出卸料板后冲孔。凸模很短，刚度极好，承载后不会纵弯折断；由一双小导柱导向，凸模不仅能精确对准凹模，还能保持均匀冲孔间隙。

该冲模采用的冲孔间隙 $C\leqslant 0.01$mm。精冲孔的间隙与冲孔材料及其厚度无关，一般均采用微间隙0.01mm以下，以获取更高冲孔质量。

由于直线度、平面度对于平板冲裁件是一个关键技术指数，尤其在仪器仪表、复印机、照相机及电影放映机、钟表等精密机械制造行业，不少重要平板冲裁零件用作机芯与表芯底板、基准板、标准孔板、支承板、侧板、面板、表盘、支架、连接板、支座、分度与标识板等关键结构零件，由于平面度达不到要求，而必须增加平板甚至点牙校平工序。

有一些复杂形状的立体成形冲压零件，多个冲压零件连接或铆合，甚至焊接的结构组件、部件，为了保证分序多模冲压成形的工件质量，确保多件组合部件的几何精度，这些冲压零件的展开平毛坯，尽管在其冲压零件图上未予标注，从转序、冲压工艺及冲模结构设计的需要考虑，都对平板冲裁件或毛坯，提出较高的直线度与平面度要求，以防止由于展开平毛坯扭曲、凸凹不平，局部拱弯，影响后续拉深、弯曲等各种成形作业的质量，降低多件组合部件的技术要求。因此，不少要求高的拉深件、多向弯曲件、翻边及扭转成形件以及连接组件，不得不在后续再加工之前，增加校平或校形工序。

对于冲压零件未注明的、工序间半成品应该达到的、连续冲压相关中间工步工件必须具有的直线度、平面度，通常可按GB/T 13916—2002《冲压件形状和位置未注公差》的规定选取，见表3-1。

表3-1　冲压件直线度、平面度未注公差　　（单位：mm）

公差等级	主参数（L、H、D）①						
	≤10	>10～25	>25～63	>63～160	>160～400	>400～1000	>1000
1	0.06	0.10	0.15	0.25	0.40	0.60	0.90
2	0.12	0.20	0.30	0.50	0.80	1.20	1.80
3	0.25	0.40	0.60	1.00	1.60	2.50	4.00
4	0.50	0.80	1.20	2.00	3.20	5.00	8.00
5	1.00	1.60	2.5	4.00	6.5	10.00	16.00

① 按冲裁件较大尺寸 L、D、H 作为主参数。

平板冲裁件的平面度、直线度公差大小与以下诸因素有关：

（1）冲裁件的材料种类及其抗拉强度。非铁金属材料比钢铁材料冲裁件平面度与直线度要好；材料越硬，抗拉强度越大，其冲裁件平面度与直线度越差，尤其弹性大的弹簧钢、硬度与强度都很高的高碳高合金钢板料冲裁件，直线度与平面度公差都较大，一般都要增加校平工序。

（2）冲裁件尺寸及其料厚 t 对其直线度与平面度影响显著。相同料厚 t 的冲裁件，平面尺寸越大，直线度与平面度逐渐变差；平面尺寸 $L \times B$ 相等或接近的平板冲裁件，料厚 t 越小，直线度与平面度越差。$0.1\text{mm} \leqslant t < 1\text{mm}$ 的薄料冲裁件尤为明显，而料厚 $t > 3\text{mm}$ 的中厚板差别不显著，$t > 4.75\text{mm}$ 的厚板冲裁件则差别甚微。

（3）冲裁模结构影响冲裁件的直线度与平面度。相同冲裁件，用无卸料装置敞开式冲裁模冲制，直线度与平面度最差；用固定卸料结构冲模冲裁，其直线度和平面度很差。通常情况下，这两种结构冲模冲制的成品冲裁件，大多都要通过校平工序，提高其直线度和平面度，再转序加工或入库备用。而用具有弹压卸料板结构和弹压卸料与弹压反顶出件结构冲裁模冲制的冲裁件，其直线度和平面度都好和很好。

具有弹压卸料板的冲裁模都是在压平材料后冲裁；具有弹压卸料板及弹压反顶出件结构的冲模，则是在上下相向夹紧板料后冲裁，并在落料后随凸模回程，弹压卸料缓缓卸载的同时，逐步从凹模洞口反向顶出工件。故这两种结构的冲模，冲制的平板冲裁件直线度和平面度分别为好及很好。特别是后一种，薄料、大尺寸冲裁件效果最佳，优先推荐采用。

（4）冲裁模刃口类型对平板冲裁件的直线度、平面度的影响是决定性的。上述各点都指普通常用的平刃口冲裁。一旦采用斜刃口、波浪形刃口，冲裁件一般都要产生较大的翘起、扭曲，不经校平无法使用。

除上述影响平板冲裁件直线度与平面度因素外，还有冲模压料力的大小、材料厚度的“同板差”及表面质量等影响因素，尤其压料力的大小影响较大，但可以随时调整，故不是不可变的决定性因素。

实例 3、4

薄料、大尺寸平板冲裁件，平面度、直线度要求较高的平板冲裁件以及立体成形件展开毛坯，采用弹压卸料板、直壁凹模刃口，落料件从凹模中反向顶出，模上出件结构的单工序导柱模架冲裁模，便可获得具有良好直线度与平面度的平板落料件。

对于尺寸较大的模具工作零件以及刃口形状小而复杂的凹模与凸模，为了节省模具钢或方便制造与修理，经常采用镶拼结构。图 3-8 所示凹模即采用了镶拼结构。

图 3-9 所示冲裁件料厚 $t = 2\text{mm}$，采用弹压卸料板及弹顶模上出件结构冲裁模，主要考虑以下几点：

1）冲裁件材料为 2A02 铝板，较软。冲裁件有两个支臂长 × 宽为 10mm × 13.7mm，并有 4 个深 3.5mm、宽 2.4mm 的凹口，而冲裁件的长 × 宽 = 49.4mm × 36mm，面积较大，冲裁过程中易变形。

2）冲裁件尺寸精度要求较高，开口 $16^{+0.24}_{0}\text{mm}$、4 个小凹口 $2.4^{+0.12}_{0}\text{mm}$，整体宽 $36^{0}_{-0.62}\text{mm}$。冲裁材料软，冲裁件刚度差，不压料冲裁和弹顶出件，易变形，难以保证尺寸精度。

3）采用直壁凹模刃口、弹顶模上出件，可以确保冲裁件具有良好的直线度和平面度，冲裁工件不会变形。

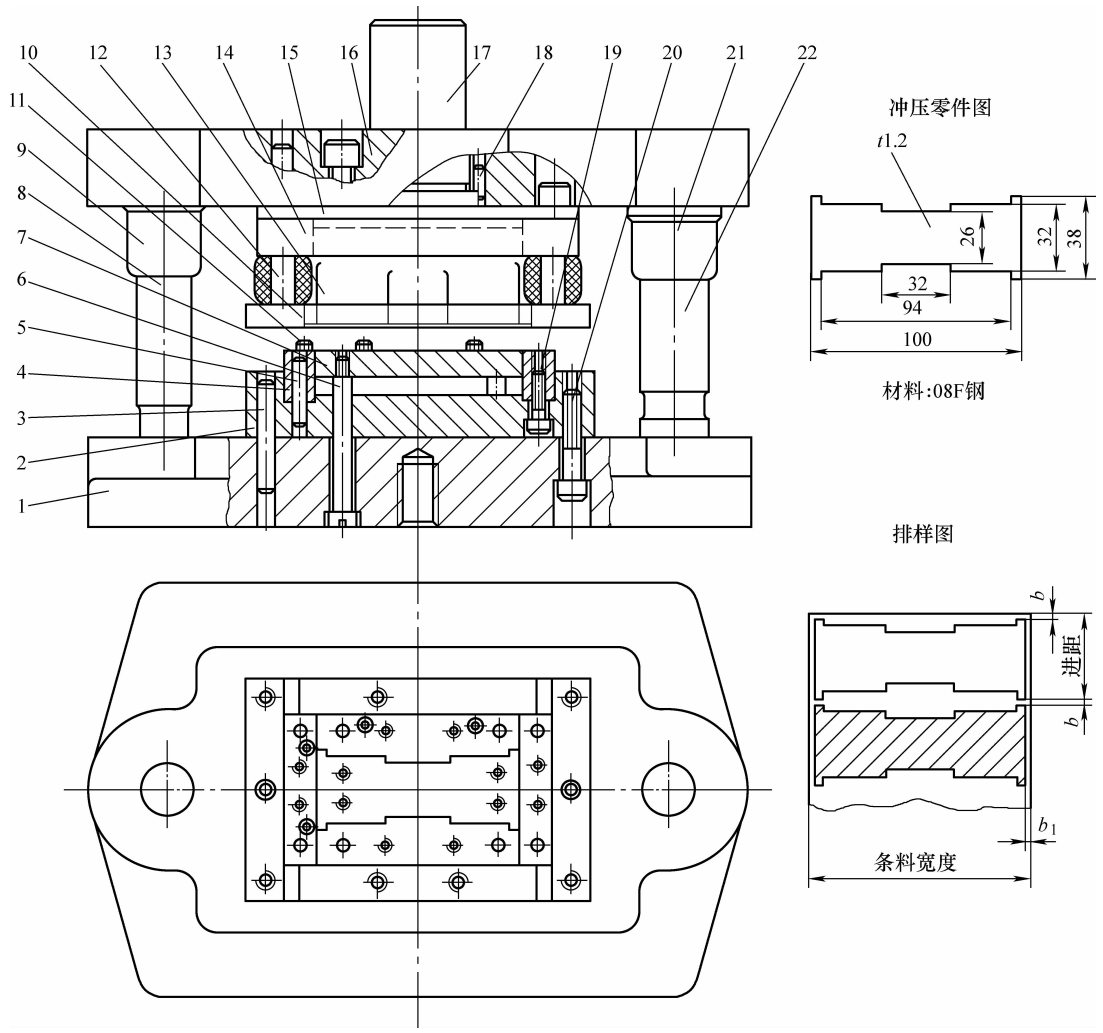


图 3-8　中间导柱模架弹压卸料弹顶出件的落料模

1—下模座　2—凹模座　3、5、18—销钉　4—凹模拼块　6—顶杆　7—顶板　8、22—导柱　9、21—导套
10—卸料板　11—挡销　12—卸料螺钉　13—凸模　14—凸模固定板　15—垫板　16—上模座　17—模柄　19、20—螺钉

有导向的单工序冲裁模通常在以下场合使用：

1）冲裁件尺寸精度较高，一般高于 IT12，可达到 IT10，甚至更高一些。

2）冲裁件料厚 t 一般不限，但目前可以达到的工艺水平如下：

①薄料、超薄料冲裁 t 为 0.05 ~ <0.5mm，$t_{min} \leqslant 0.01$mm。

②厚料、超厚料冲裁 $t > 4.75 \sim 16$mm，$t_{max} \leqslant 25$mm，冲孔 $t_{max} \geqslant 35$mm。

③较常用的冲裁料厚 $t \leqslant 3$mm，更多的料厚 t 为 0.5 ~ 2mm。

3）适用冲压零件的生产性质为成批、大批大量及常年大量生产。

4）对冲裁件冲切面质量、毛刺及平面度有一定要求。

5）对冲裁件尺寸的限制如下：

①使用标准模架，推荐最大冲裁件凹模尺寸：$L_{max} \times B_{max} \leqslant 630\text{mm} \times 500\text{mm}$。

②冲制最小圆孔直径，$d_{min} = (0.5 \sim 0.6)t$，推荐 $d_{min} \geqslant t$。

③最大冲裁料厚 $t_{max} = 12 \sim 16$mm，推荐 $t_{max} \leqslant 10$mm，$t > 10$mm 时采用热冲裁。

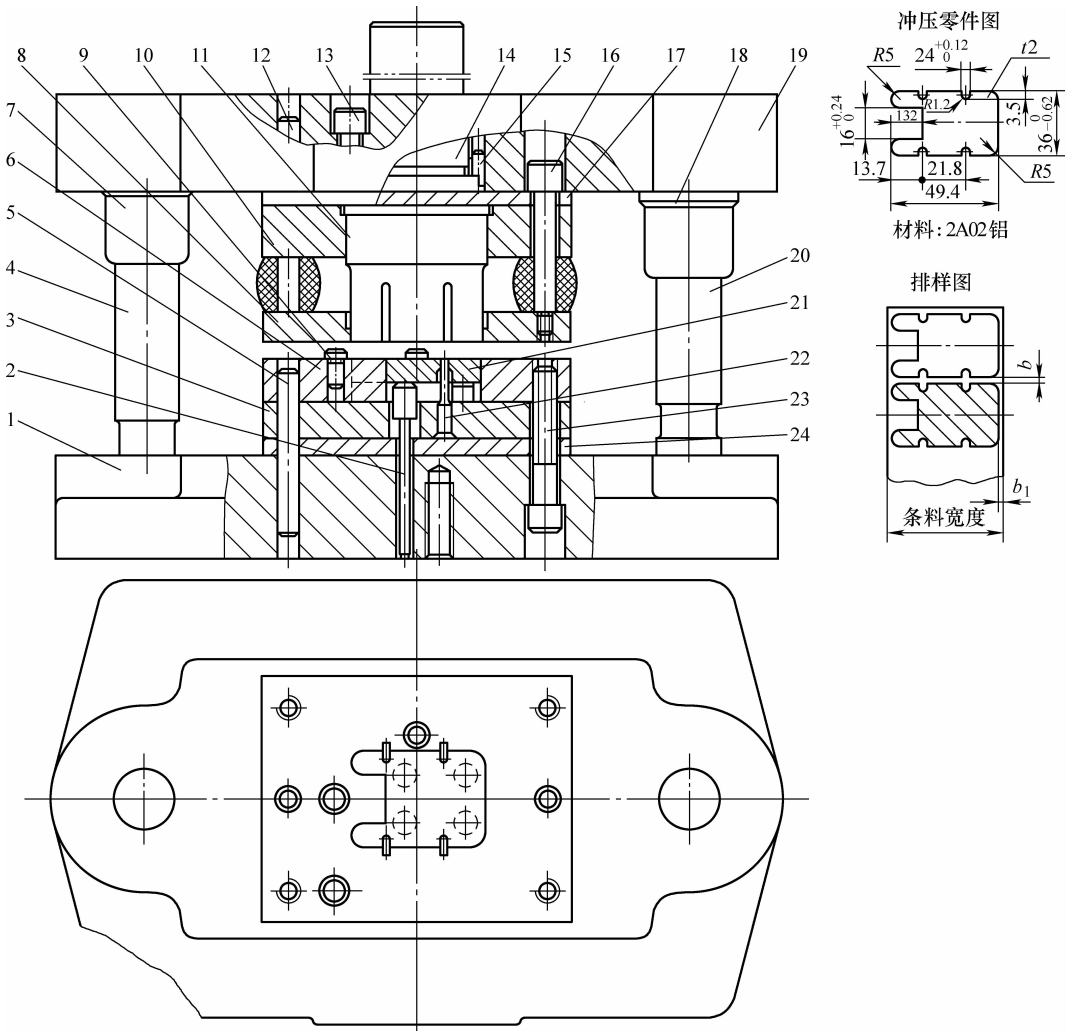


图 3-9　中间导柱模架弹压卸料弹顶出件的落料模

1—下模座　2—顶杆　3—小凹口冲孔凸模固定板　4、20—导柱　5、12、15—销钉　6—凹模　7、18—导套　8—卸料板　9—挡料销　10—凸模固定板　11—凸模　13、16、23—螺钉　14—模柄　17—上垫板　19—上模座　21—顶板　22—凸模　24—下垫板

④ 确定压力机最大许用冲裁料厚 t_{max}。

许用最大冲裁料厚 t_{max}，取决于冲压设备的类型及其公称压力，对于通用、普通标准的机械压力机，其许用最大冲裁料厚 t_{max}（mm），推荐按下述公式计算：

单次行程，间断冲裁时：

$$t_{max}=0.9\sqrt{F_{公称}/10} \tag{3-1}$$

连续行程，不间断（连闸开机）冲裁时：

$$t_{max}=0.45\sqrt{F_{公称}/10} \tag{3-2}$$

式（3-1）、式（3-2）中，$F_{公称}$为具有标准行程的普通标准机械压力机的公称压力（kN）。

6）精冲小孔、高精度群孔、深孔及超深孔冲制：冲孔直径 d 为 0.4 ~ <3mm 小孔；冲孔直径 d 为 0.3t ~ <t 深孔。

7）光洁冲裁冲切面光洁平直，表面粗糙度 $Ra \leqslant 0.8\mu m$。

8）拉深件用高精度与高质量的垂直切边模、水平切边模及剖切模（推荐的），拉深件直径 $d \leqslant 250mm$；异形拉深件尺寸：长 × 宽 $= L \times B = 250mm \times 200mm$。

3.3　复合冲裁模结构特点及设计

在压力机的一次冲压行程中，在冲模的同一工位上，完成两个或两个以上冲裁工步的冲模，即通称的复合冲裁模。其主要优点如下：

1）只有一个工位，送料的进距误差对冲模的冲压精度没有影响，故其送料定位系统一般采用制造简便而又经济的挡料定位系统，如固定挡料销、可伸缩式活动挡料销配或不配侧面挡料柱（销）构成。

2）冲裁件外廓与内形、群孔，均在一个工位上，并在一次冲压行程中同时冲出，故冲裁件的内外形同轴度、群孔位置度等，都比其他类型冲模冲裁件要好。

3）内外形任意复杂形状的平板冲裁件，在一个工位上同时冲裁，不受送料误差、重复定位以及送料方式等因素影响，冲裁件精度高，通常可达 IT10 甚至 IT9，冲裁零件一致性好，互换性强。

4）由于可采用弹压卸料和弹顶模上出件，所以能冲裁料厚 t 为 0.05 ~ 0.5mm 的超薄材料，并能确保冲裁工件达到很好的直线度与平面度。

5）可以利用边角余料及大尺寸冲裁件的结构废料，冲裁较小尺寸的工件。

6）可以冲裁软材料和脆性材料，如铅、锡、云母片、橡胶、毛毡、皮革、纸板、塑料薄膜、人造革、胶纸板、纤维板等。

7）复合冲裁模结构紧凑，模体精小，使用保管及运输都较方便。

复合冲裁模也有一定的缺点与不足，主要表现在以下各方面：

1）冲裁件外廓尺寸有一定的限制，按有关国标及机械行业的复合模典型组合标准，最大凹模周界：矩形 $L \times B = 315mm \times 250mm$；圆形 $D = 315mm$。故只适于中小型平板冲裁件的冲压；冲裁件料厚 $t > 0.1mm \sim 2mm$ 为宜，$t_{max} \leqslant 3mm$ 较合适。

2）制模技术与试模及调试技术要求高，模具制造精度是普通全钢冲模中最高的。

3）复合冲裁模都从模上出件，处理不当或出件不力势必影响冲压效率。

4）为确保冲模寿命，对凸凹模壁厚有一定限制，故使得孔间及孔边壁厚小的冲裁件不得不用连续冲裁模冲制。

3.3.1　复合模与连续模的对比与选择

对于金属薄板冲裁件是采用复合模还是使用连续模冲压，可参照表 3-2 并结合现场实际情况与条件进行对比、分析，从而进行选择。

3.3.2　复合冲裁模的结构形式

迄今在现场设计与使用的复合冲裁模，结构趋于定型与典型化，按其落料凹模在模具上的安装位置，复合冲裁模分为如下两种结构形式。

（1）倒装式（也称反装式）复合冲裁模　这种复合冲裁模的典型结构如图 3-10a 所示。其落料凹模 9 装在上模，其凸凹模 12 装在下模。除在下模装有弹压卸料板 2 之外，还在上

模装有完善的推卸系统：卸件器 6 上有推板 7、顶杆 5 及打料杆 4。落料工件嵌于凹模 9 模孔中，待上模回程至压力机上死点前，打料杆 4 与压力机滑块中的打料横杆相撞，推动顶杆 5，推板 7，使卸件器 6 起动，从凹模洞口中推出工件，落在卸料板上便可出件。

表 3-2　复合模与连续模的技术经济效益对比

对比项目	复　合　模	连　续　模
（1）冲压零件质量	好	一般
1）尺寸精度	IT9 ~ IT11	IT10 ~ IT13
2）几何精度	工件平整，平面度、同轴度、对称度、位置度误差小	工件不太平整，有时要校平，平面度同轴度、对称度、位置度误差较大
（2）冲压加工范围		
1）冲裁料厚 t/mm	0. 05 ~ 3	0. 2 ~ 6，$t_{max} \geqslant 10$
2）冲裁零件最大外廓尺寸 D、B/mm	300	250
3）可完成冲压工序（步）数	>2 ~ 4	一般不限
（3）工艺技术功能		
1）生产率	模上出件，生产率低	工件及冲孔废料多从模下推出并落入压力机工作台下的零件箱中，可连续冲压，生产率高
2）模具寿命	相同冲压工件，生产条件相同，复合模的刃磨寿命和使用寿命都低于连续模	相同冲压工件，生产条件相同，连续模的刃磨寿命和使用寿命都高于复合模
3）操作安全性	出件和清除废料要用手工或工具，而且都在模具工作区内进行，操作安全性差	工件与废料自动出模，送料也在模具工作区之外，操作安全性好
4）适应高速冲压的可能性	不能进行高速冲压。推荐的安全冲压速度：手工出件≤40 次/min，自动出件≤80 次/min	可以进行常速和高速冲压，推荐的安全冲压速度：板裁条料，手工送进为 60 ~ 100 次/min，带料半自动送进为 200 ~ 400 次/min，卷料全自动送进 >800 次/min
5）调校与试模	比较复杂，但难度不太大	要求技术高、难度大
（4）技术经济效益		
1）冲模结构复杂程度	相同冲压零件用复合模结构比连续模复杂，尤其 2 ~ 4 工步的复合模，当冲压工步超过 4 个，复合模就较难冲制	相同冲压零件的连续模结构要简单，但复杂形状冲压零件多工位连续冲压一模成形的连续模结构复杂，但大多超过 4 ~ 5 工位，这类冲压件单工位复合模不能冲制
2）对原材料要求	对料宽要求不高，送料进距 S 的偏差不影响冲压精度，甚至可用边角余料冲压	对入模条、带、卷料宽度公差要求很严；送料进距 S 偏差影响冲压精度，故用送料定位系统从严控制
3）模具制造与修理费用	比具有相当工艺技术功能的连续模制造及修理费用都高	一般情况下，比相同冲压零件用复合模制造与修理费稍低
4）模具制造与修理难易程度	几个工步复合在一个工位上，制造精度要求高，通常为 IT8 甚至更高，修理难度也较大，制造与修理，技术要求高	在相同冲压零件与相当条件下，比复合模制造与修理难度小一些，但多工位、冲制复杂冲压零件时，连续模制造与修理要求高、难度大

（2）顺装式（也称正装式）复合冲裁模　这种复合冲裁模的典型结构如图 3-10b 所示。其落料凹模 3 装在下模，其凸凹模 5 装在上模。除在上模装有弹压卸料板 12 外，还在下模的落料凹模 3 的模孔中，装有弹压顶件器 13。冲孔废料由凸凹模的侧边斜孔中排出，也可以采用打料杆将冲孔废料推卸到凹模工作面上，同工件一起出模。

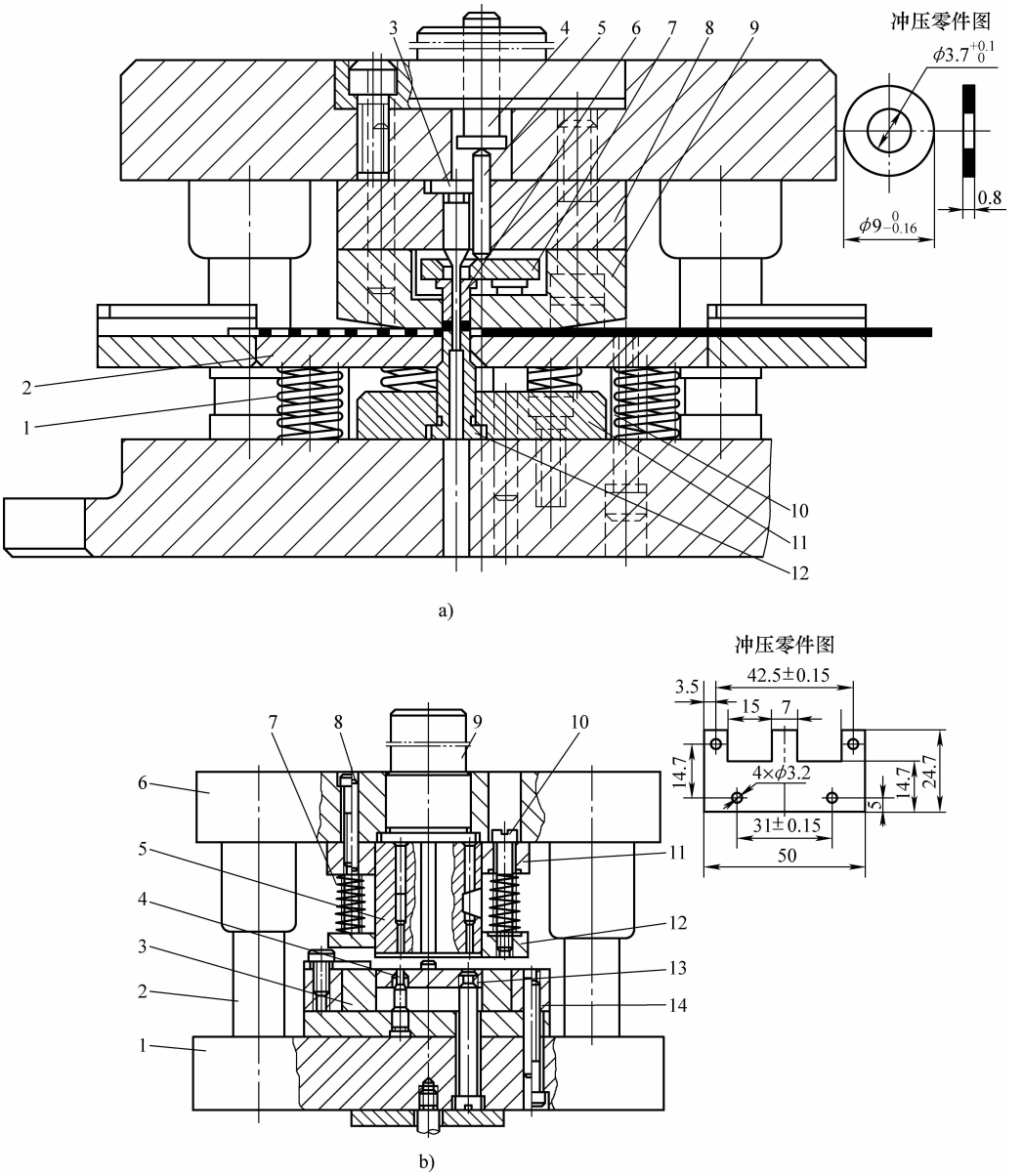


图 3-10　复合冲裁模的结构形式

a）倒装式复合冲裁模典型结构示例

1—弹簧　2—弹压卸料板　3—冲孔凸模　4—打料杆　5—顶杆　6—卸件器　7—推板　8—凸模固定板　9—落料凹模　10—螺钉　11—固定板　12—凸凹模

b）顺装式复合冲裁模典型结构示例

1—下模座　2—导柱　3—凹模　4—冲孔凸模　5—凸凹模　6—上模座　7—弹簧　8—销钉　9—模柄　10—螺钉　11—固定板　12—卸料板　13—顶件器　14—凹模框

比较图 3-10 所示两种结构的复合冲裁模，其主要差别如下：

（1）结构差别

1）落料凹模安装位置不同：顺装结构装在下模，倒装结构装在上模。

2）弹压卸料板安装位置不同：顺装结构装在上模，倒装结构装在下模。

3）顶（卸）件器结构不同：顺装结构用弹压柔性顶件器，倒装结构用刚性卸件器。

（2）工艺技术功能差别

1）冲裁件质量不同。顺装结构因装有弹压反顶出件系统，在冲裁较大尺寸、薄料平板冲裁件，特别是外形复杂的有凸台、支臂易变形扭曲、结构刚度差的工件时，弹压反顶系统在冲裁开始前与弹压卸料板，上、下两面施压、夹紧板料冲裁。待上模回程时，弹压反顶的顶件器跟随凸模回程，逐渐增压，与凸模端面夹持工件从凹模洞口推出，冲裁件平整不会变形，故其直线度与平面度很好。

倒装结构的卸件器是刚性的，而且是在冲裁完成后用刚性冲击卸件，故不能保证冲裁件平整。

2）使用范围不同。顺装结构用于料厚 $t=0.1\sim2\text{mm}$ 较大尺寸的平板冲裁件，$t_{\min}<0.05\text{mm}$，$t_{\max}<3\text{mm}$；倒装结构用于料厚 $t=0.4\sim3\text{mm}$ 尺寸不大的平板冲裁件。

3）生产率不同。顺装结构的冲孔废料和工件都落在模具工作面上，推出模具较慢。采用如图 3-10b 所示，从凸凹模侧孔排出冲孔废料，大多也落在模具上，造成污染，也要清理；倒装结构的冲孔废料从模下排出，落在模具工作面上只有工件，可用自动卸料（件）器推卸出模，不影响生产，故生产率高。

4）操作安全性不同。顺装结构的操作安全性不如倒装结构的好。因为顺装结构工作时，工件与冲孔废料都落在模具工作面上，推卸不易且要分开；而倒装结构废料自行排除，工件又可自动卸下，较安全。

（3）推广应用程度差别很大　至今为止，顺装结构的使用不广，其典型结构尚未形成标准。倒装结构的则应用广泛并早已获得普及。机械行业成套冲模标准中不仅纳入了这种结构的典型组合，而且还依凹模形状及尺寸分别规定了矩形与圆形凹模并各有厚凹模、薄凹模之分，合计规定了四种倒装结构复合模典型组合，总计 86 个标准规格，可供设计选用，详见原 JB/T 8067.1～4—1995。

3.3.3　复合冲裁模的结构选型

倒装式复合冲裁模在现场的实际使用非常广泛并已普及，而顺装式复合冲裁模在现场则使用甚少，其主要原因如下（这些原因便是其结构选型的主要因素）：

1）倒装式复合模操作安全性较好。使用中只要在压力机旁安装一个杠杆式简单的拨件器，就能按压力机行程频率在压力机滑块回程时，将模上工件推卸出模，并迅速离开模具工作区，而不影响正常冲压工作；对于质量不大的工件则可用压缩空气，将模上工件自动吹卸入压力机旁的零件箱中。不少工厂用手持拨件工具，拨卸工件出模。不论用上述哪一种出件方式，操作都很方便且安全。

2）倒装式复合模结构标准化与典型化程度高，零部件商品率高，大多可在就近市场购得。采用原 JB/T 8067.1～4—1995 冲模复合模 4 种典型结构组合标准，可以大幅缩短设计与制造周期，提高模具质量，降低制模与修模费用。而顺装式复合模还未纳入标准，当然不具备推广条件。

3）顺装式复合模适合冲制的冲裁件本身结构刚度不好，尺寸大而厚度很小。这类冲裁件比较少见。相反，作为机电产品的轻型结构零件，刚度与强度要求较高，故尺寸小而相对料厚较大的冲压零件很多，一般料厚 $t>0.5\sim3$mm。因此，绝大多数冲裁件，都可用标准化程度高的倒装式复合模冲制。

但由于顺装式复合冲裁模冲孔废料，可用推杆推出，或如图 3-10b 所示，从凸凹模侧孔排出，故在凸凹模模腔中不聚积废孔，其凸凹模强度高于倒装式复合模。因此，其凸凹模壁厚可比倒装式复合模的凸凹模更小一些。

通过图 3-11 相同形状、不同结构尺寸而采用不同结构复合冲裁模冲制的冲裁件，可以说明选型要考虑的主要因素。

3.3.4　复合冲裁模的模芯结构设计

根据平板冲压零件图或立体成形冲压零件图及其展开平毛坯图，进行复合冲裁模的结构选型及模芯设计，应熟悉加工图的技术要求，尤其要达到的尺寸与几何精度。在进行工艺分析并掌握其冲压加工重点难点及有关投产批量、材料供应状态之后，进行模芯部分结构设计。

1. 复合冲裁模模芯部分的构成

1）工作系统：凸模、凹模、凸凹模。

2）推卸系统：卸料板、卸料器、顶件器、顶杆、推板、弹性元件。

3）定位系统：固定挡料销、侧边挡料柱（销）、可伸缩式挡料销、弹顶销。

4）夹紧固定系统：模柄、固定板、空心垫板、垫板、紧固件（标准件居多）。

上述复合冲裁模的各个系统，只是模架内安装的模芯部分的基本构成。模架及构成模架的零部件，都是标准的，可按需要类型、规格在市场随时能购得。在上述各系统构成的零部件中，多数也是标准或半标准零件，如定位系统中使用的各种挡料销等仅需选择类型、确定规格；又如卸料板、固定板之类的模板，只需选定规格后加工紧固孔、模孔。关键是工作系统的工作零件，要根据冲裁加工的零件或其展开平毛坯图，兼顾冲模结构的需要进行设计。因为凸模与凹模的结构设计与单工序冲裁模大同小异，其刃口计算的方法则完全一样。比较特殊并需要给予特别注意的是凸凹模。

2. 凸凹模设计及其要点

对于复合冲裁模而言，凸凹模是其工作系统的核心零件。其外廓刃口是冲孔凸模，而内形模孔又是冲孔凹模。单从设计和计算刃口尺寸而言，按众所周知的计算原则和方法实施：对复合冲裁模的凸模结构与刃口尺寸的设计与计算，与冲孔模中的凸模一样进行，其凹模结构和刃口尺寸的设计与计算，与落料模中的凹模相同，而其凸凹模则兼而有之，并无原则问题。问题是要结合制模现场的实际。根据现场制模设备及采用的制模工艺设计凸模、凹模及凸凹模的结构，计算其刃口尺寸。凸凹模要分别与凹模、凸模相配合并保持合理而均匀的冲裁间隙。如果不考虑现场制模工艺及制模设备，按上述常规方法设计，凸凹模的制造不仅繁琐，也难以保证质量。

迄今为止，由于行业的局限，地区技术水平差异，各地不同模具厂制模工艺及设备不同，采用的复合冲裁模制造方法及工艺流程不尽相同。考虑电加工制模工艺的普及以及 CNC 加工中心、CNC 高速铣削及 CNC 精密坐标磨削、CNC 连续轨迹坐标磨的应用，推荐采用以下复合冲裁模制造工艺：

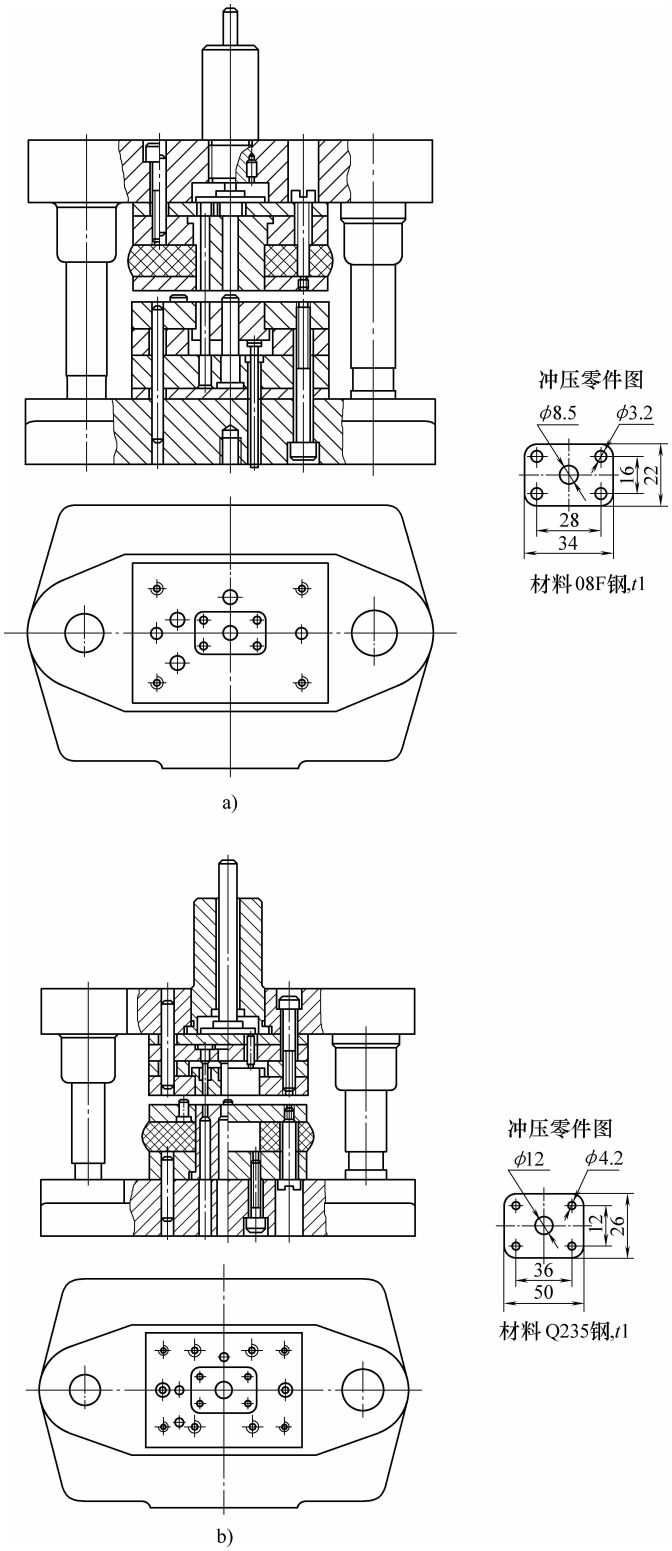


图 3-11　两种复合冲裁模的选型对比

a）顺装式复合冲裁模　b）倒装式复合冲裁模

1）圆形、方形带孔复合冲裁件，如垫圈等简单工件复合冲裁模，可以采用凸模、凹模、凸凹模分开进行机械加工，靠精密加工工艺，保证其尺寸精度及配合要求。刃口尺寸按上述计算方法分开计算，分开标注，分开加工，最后组装。

2）对于外形冲裁轮廓复杂，而内形为个孔，或群孔均为孔径各异圆孔的冲裁件，以及外形为异形而带群孔、群槽孔，均为规则简单孔形的冲裁件，其冲裁模推荐采用主凸模制模法，即先制造凸模，即复合冲裁的凸凹模，而后以凸模为基准按规定间隙配制凹模。因为工件外廓落料的尺寸取决于凹模刃口尺寸，先制凸模又必须将间隙取在凸模上，故应事先要把凸模的刃口尺寸计算准确，比冲裁件要求精度提高 2 级给予加工公差。具体做法推荐如下：

① 将复杂形状与精度要求较高的冲裁刃口，转移到冲裁凸模的外形加工上，可以采用电加工作为半精加工，用精密磨削，包括坐标磨、CNC 连续轨迹坐标磨进行精加工，最后研磨抛光，使其尺寸精度比电加工提高一个档次，达到 ±0.0005 ~ ±0.001mm，表面粗糙度值 $Ra \leqslant 0.1\mu m$。

② 复杂形状而尺寸较小的复合冲裁件，其冲裁凸模的外形刃口加工与研磨、测量以及配制凹模，都要比先制凹模再配制凸模方便和容易得多。图 3-12a、b 所示就比较典型的例子。

③ 尺寸不大，外廓形状复杂，但内孔多为圆孔、方孔、长圆孔等简单形状的平板冲裁件（如图 3-12c 所示，该图按 1∶ 1 绘制），大多数属于小型高精度平板冲裁件，这是常见复合冲裁加工类型。在现场拥有高精磨削制模设备时，优先推荐上述主凸模制模法，先制造凸凹模。

④ 有高精度电加工设备的模具生产厂点，如有高精度 CNC 电火花成形机或 CNC 电火花线切割机，其加工精度可达到 ±0.005mm 甚至 ±0.002mm，加工面表面粗糙度值 $Ra < 0.8\mu m$；而无高精度磨削或精磨设备，加工质量与精度一般的单位，可用电加工设备先制凹模，而后以凹模为准配制凸凹模。凸凹模上的凹模孔形大多简单，加工也很方便。

⑤ 用电加工工艺先制凹模，一般不再精加工，但必须强化后续的清理、研磨与抛光，以提高其表面质量，获取更小的表面粗糙度值。

3. 复合冲裁模凸凹模壁厚的控制及加固

凸凹模刃口的平面形状和尺寸，与欲冲制工件大致相同。当工件内孔非单个而为群孔时，孔的壁厚及孔边壁厚，均为两面冲裁刃口。当壁厚 $b < t$（料厚）时，两面刃口的两倍冲裁力、摩擦力都集中在薄薄的壁厚上，要比单边刃口处加大一倍的自然磨损，将使这一部分刃口最易过载崩刃、磨损而使冲模提前失效。因此，控制复合冲裁模凸凹模最小壁厚，是确保其合理寿命的关键。

凸凹模的许用最小壁厚 b_{min} 与下列因素有关：

1）冲裁件的材料种类及力学性能，主要是其抗剪强度 τ_b 值。毫无疑问，材料越硬，τ_b 值越大，冲裁力越大，许用 b_{min} 值越大。

2）冲裁料厚越大，冲裁力 F 就成正比增大，许用 b_{min} 也要相应加大。

3）凸凹模材料抗压耐磨能力，是确定许用 b_{min} 值的关键。耐磨的优质模具钢比普通冷作模具钢的许用 b_{min} 值相对可小一些。

4）模具结构与许用 b_{min} 值密切相关。顺装式复合模冲孔废料由打料杆逐件推出模孔，不在模孔中聚积，对模孔壁无侧向胀力产生，故其许用 b_{min} 值可比倒装式复合冲裁模更小一些。

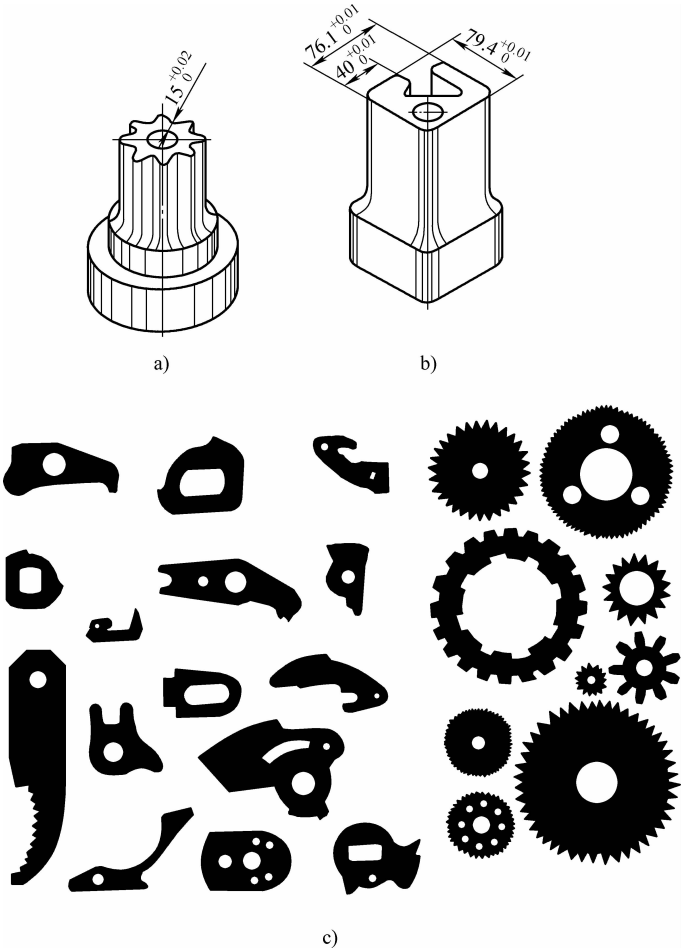


图 3-12　主凸模制模法先制凸凹模的范例

a）片齿轮复合冲裁凸凹模　b）基板复合冲裁凸凹模

c）先制凸凹模的复合冲裁模冲制的部分零件

对于凸凹模许用 b_{min} 值，在目前国内专业手册及相关专业图书资料中，有多达三种以上的系列数据、表格与计算方法给出，但都是经验值与经验算法。所有经验值都是在没有限定凸凹模使用材料，甚至没有规定冲裁件材料，不论最小壁厚的位置与形状的前提下，仅按冲裁件料厚给定凸凹模最小壁厚，显然不够精细。

众所周知，冲裁模刃口损坏主要是强度不足与耐磨性差所致。冲裁件材料不同，其抗剪强度 τ_b 值，可相差数倍，08F 钢板 τ_b = 220 ~ 310MPa，而 65 钢板 τ_b = 800 ~ 880MPa，65Si2WA 优质弹簧钢 τ_b = 640 ~ 960MPa，17Cr18Ni9 不锈钢 τ_b = 800 ~ 880MPa 等。抗剪强度越大，所需的冲裁力越大，许用的 b_{min} 值必然要加大。因此，仅考虑冲裁料厚，不够合理。

凸凹模的强度及其耐磨能力，与其材料的力学性能有关，不同材料相差很远，详见表 3-3。

此外，凸凹模群孔的内形不同，其孔间壁厚的最小危险断面的刃口长度不同，承载能力有差别。

根据以上分析，所有凸凹模最小壁厚的经验值，只能作为推荐参考值，大多都具有明显

的不足和行业局限性。

表 3-3　国产常用冲裁模刃口材料技术参数

钢种	牌号	主要技术参数						推荐热处理工艺
		工作硬度 HRC	比例极限 σ_n/MPa	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	抗拉强度 R_m/MPa	许用强度 [σ] /MPa	弹性模量 E/MPa	
优质与高级优质碳素工具钢	T10A	56～62	1300	1600～1800	2200～2600	1800	215000	780℃ 水淬，180℃回火
	T11	56～62	1360	1500～1700	2200～2800	1700	215000	
优质低合金过共析工具钢（低变形冲模钢）	9Mn2V	58～62	1100	1900～2100	2700～3000	2000～2100	220000	820℃ 油淬，180℃油中回火
	CrWMn	58～62	1105	1850～2100	2600～3000	2000～2100	220000	
	MnCrWV	58～62	1150	1900～2150	2700～3000	2000～2100	220000	
优质高碳高铬合金工具钢（高耐磨微变形冲模钢）	Cr12	58～62	950	1800～2000	2500～2800	1900～2000	220000	970℃ 油淬，200℃回火
	Cr12MoV	58～64	1020	1900～2200	2800～3200	2000～2200	220000	1020℃ 油淬，200℃回火
	Cr12Mo1V1	58～64	1025	1900～2200	2800～3200	2000～2200	220000	
	Cr6WV	58～62	1020	1800～2000	2500～2800	1900～2000	220000	
优质高速工具钢（高强度高耐磨冲模钢）	W18Cr4V	62～64	1200	2500～2800	3250～3600	2800～3200	300000	1240～1260℃ 油淬，560℃ 回火
	W6Mo5Cr4V2	62～64	1250	2500～2800	3300～3800	2800～3200	300000	1170～1190℃ 油淬，560℃ 回火
轴承钢	GCr15	58～62	930	2000～2300	2800～3400	2300	220000	840℃ 油淬，150℃回火
钢结硬质合金	GT35	68～72	1200	2600～2800	>3500	2800	343000	980～1000℃ 油淬，180℃ 回火
钨钴硬质合金	YG20	69～80	1400	2800～3000	>3800	3000	635000	

推荐采用表 3-4 所列凸凹模最小壁厚值，应考虑以下诸影响因素：

表 3-4　凸凹模最小壁厚推荐值

冲裁料厚 t/mm	<0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
凸凹模最小壁厚 b_{min}/mm	1.2	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.3	2.5	2.7	2.9	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	3.9	4.4
冲裁料厚 t/mm	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
凸凹模最小壁厚 b_{min}/mm	4.7	4.9	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0	6.2	6.4	6.5	6.7	7.0	7.1	7.3	7.4	7.8

注：1. 表值按低碳钢 10、08F 冷轧板冲裁件考虑，计算抗拉强度 350MPa。

2. 冲裁材料为铝、铜、纯铁及铝、铜合金（硬态）表值减 25%，但确保 $b_{min} \geqslant 0.7$mm。

3. 冲裁材料为纸板、皮革、锌锡合金、胶木板等，表值减 50%，但确保 $b_{min} \geqslant 0.5$mm。

4. 冲裁材料为 45 中碳钢板或抗拉强度 R_m = 420～560MPa 的金属板，表值加大 30%。

5. 冲裁材料为 65 高碳钢板或抗拉强度 R_m = 590～930 MPa 的金属板，表值加大 50%。

1）冲裁件材料种类、力学性能及厚度 t。

2）凸凹模采用 Cr12MoV 优质高耐磨、高碳高铬合金工具钢制造，其许用强度为 2000 ~ 2200MPa。

3）孔壁按任意两圆孔间壁厚考虑，孔边壁厚可同等对待。

4）此表按冲裁材料为 10 钢、08F 考虑，材料不同应进行适当调整。

为了增强凸凹模壁厚的强度，通常是采取尽量压缩有效刃口长度、加大有效刃口长度以下至凸凹模固定端的壁厚，使凸凹模外形或内形变成二台阶。不过大多是将外形加粗、加大；缩小内孔增大其壁厚，需要将冲孔废料反向顶出，使冲模结构趋于复杂化又不方便废料出模，见图 3-13。

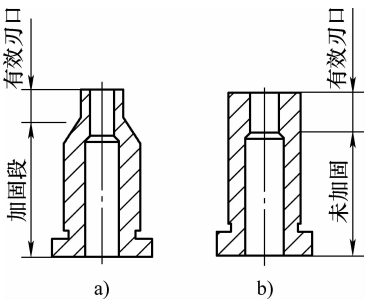


图 3-13　加固凸凹模壁厚的方法

a）加固　b）未加固

4. 复合冲裁模的推卸系统设计

这个系统的主要作用如下：

1）把冲裁件从凹模中推出。对于顺装式复合冲裁模来说，就是用装在落料凹模中的弹压反顶装置即顶件器，把冲裁好的工件顶出凹模，以便出件；对倒装式复合模来说，就是用安装在上模的、落料凹模中的刚性卸料块即卸件器，把冲裁好的工件从凹模中用打料杆通过推板、推杆撞击卸料块，推出工件。

2）把冲孔废料从凸凹模中推（排）出。顺装式复合模可用打料杆推出，也可与倒装复合模一样，由冲孔凸模逐个推出。

3）用弹压卸料板把原材料从凸凹模刃口上推卸下来。

复合冲裁模推卸系统，是其顺畅运作必需的出件与排出废料的传输机构，完成分离作业冲制出的工件及其内形结构废料，由其推卸系统推（顶）出模。主要零部件包括弹压卸料板、卸（顶）件块、推板、顶杆、弹性元件等的设计。

（1）弹压卸料板设计　复合冲裁模，不论顺装式还是倒装式，是矩形凹模还是圆形凹模，通常都采用弹压卸料板，以便将入模板料压平在凹（凸）模刃口表面后冲裁。采用固定卸料板的复合冲裁模很少。

弹压卸料板设计，主要是确定其外形尺寸，与凸凹模匹配模孔间隙，选用弹性元件的类型并根据卸料力的大小，计算出弹性元件的最大载荷并选择其标准规格。不同外形的卸料板已纳入机械行业标准 JB/T 7643. 2—2008 与 JB/T 7643. 3—2008 中。其中，矩形卸料板给定厚度为 10 ~ 45mm10 个尺寸，长 × 宽 = $L \times B$ = 63mm × 59mm ~ 630mm × 400mm，多达 24 个标准规格；圆形卸料板给定厚度为 10 ~ 45mm9 个尺寸，直径 D = 63 ~ 315mm 计 8 个，有 48 个标准规格，所用材料均为优质碳素结构钢 45 钢。设计时可依凹模周界的形状与尺寸，比照选用相同形状、相同平面尺寸的卸料板。

卸料板的厚度要根据冲裁材料种类、料厚 t 及卸料力的大小，进行抗弯强度计算，获得准确厚度尺寸。实际上，一般卸料力 $F_{卸}$ 仅为冲裁力 F 的 2% ~ 7%，而卸料板的刚度及强度计算繁琐，实际采用厚度总是比计算厚度为大，理论计算的实用价值不大。通常按表 3-5 所列经验值选取。

复合冲裁模卸料板与凸凹模配合间隙是卸料间隙，为保证弹压卸料板平稳卸料，不出现

偏斜而卡模，选取卸料单边间隙 $C_{卸}$ 宜小不宜大。推荐 $C_{卸}$ 值见表 3-6。

表 3-5　弹压卸料板厚度 $H_{卸}$ 经验值

DIN 1543 将钢板按厚度分类	冲裁料厚 t/mm	弹压卸料板宽度 $B_{卸}$/mm						
		≤50	>50～80	>80～125	>125～200	>200～250	>250～315	>315～400
		弹压卸料板厚度 $H_{卸}$/mm						
薄板 t<3mm	<1	8	10	12	14	16	18	22
	1～1.5	10	12	14	16	18	20	25
	>1.5～2	12	14	16	18	20	22	28
	>2～3	15	16	18	20	22	24	30
中厚板 t=3～4.75mm	>3～4.75	—	—	22	22	24	26	32
厚板 t>4.75mm	>4.75	—	—	—	30	30	30	36

表 3-6　复合冲裁模卸料单边间隙 $C_{卸}$ 经验值

冲裁料厚 t/mm	单边卸料间隙 $C_{卸}$/mm	冲裁料厚 t/mm	单边卸料间隙 $C_{卸}$/mm
0.05～0.1	0.005～0.01	0.5～1.0	0.060～0.10
0.1～0.3	0.012～0.025	1.0～2.0	0.15～0.20
0.3～0.5	0.035～0.050	2.0～3.0	0.25～0.35

（2）顶件与推（卸）件系统的设计

1）顺装式复合冲裁模的内形（孔）废料推卸机构。装在上模的凸凹模，其冲孔与冲内形凹模洞口中的废料，通常是用图 3-14a 所示的几种废料推卸结构形式。这种结构形式制造精度要求不高，但必须运作灵活、到位。也有在凸凹模侧面开一斜孔自动排出冲孔废料的简单方法，但使用不广，见图 3-10。

2）顶（推）件系统的构成与结构形式。无论是顺装还是倒装复合冲裁模，冲出的工件都卡在凹模与冲孔凸模间，必须用顶件器（亦称推（卸）件器）从具有垂直刃口的凹模中推出。

顺装式复合冲裁模，顶件器装在下模的落料凹模洞口中，由模座下的弹性元件组通过顶杆推动顶块，将工件顶出凹模表面，而后出模。

倒装式复合冲裁模，推（卸）件器装在上模的落料凹模洞口中，由模柄中的打杆在回程到压力机上死点前与压力机打料横杆碰撞后，推动推板、推杆至推件块，将工件推出凹模。图 3-14b 所示便是倒装式复合冲裁模推（卸）件系统的常用结构形式。图 3-15 所示为常用推板的一些结构形式，可供设计选用。

3）顶（推）件块的设计提示。顶件块、推件块是直接推顶工件出落料凹模洞口的顶件器、推（卸）件器，其形状和尺寸与凸凹模相当，但其尾部有一个凸缘，以防止被顶出凹模。当冲模开启，顶（推）件块在自由状态下，应高出凹模刃口表面 0.2～0.5mm，以便顺畅出件。

在现场工作中，经常出现工件粘在顶（推）件块表面，尤其对于尺寸稍大的薄料平板冲裁件，以及涂覆润滑剂稍多一些的时候经常发生。为了克服这种现象，可在其表面适当位

置装一个弹顶销或弹顶器，待顶（推）件出模后会将工件顶开，其结构形式很多，见图 3-16。

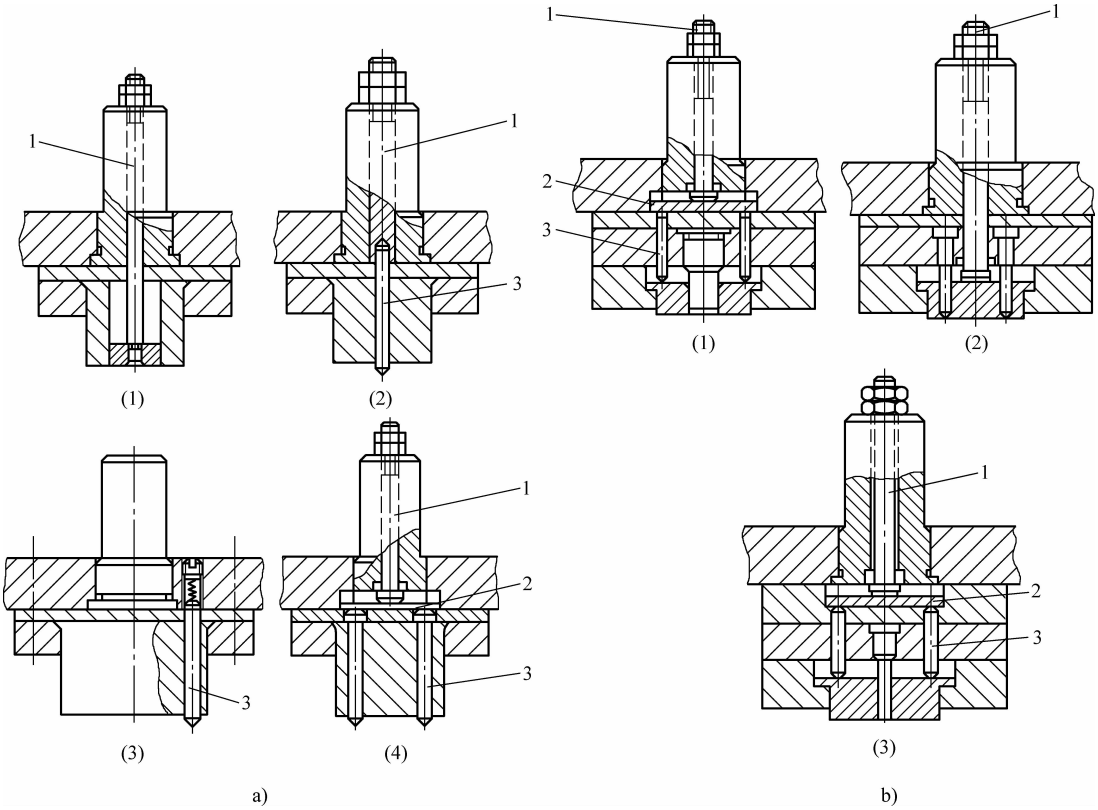


图 3-14　复合冲裁模废料推卸机构的结构形式

a）顺装式　b）倒装式

1—打杆　2—推板　3—推杆

用压缩空气吹卸小尺寸复合冲裁件出模，是有气源单位有时采用的出件方法。为便于吹卸粘在顶（推）件块上的工件，可在推件块进气侧端面给出进气口、通气槽。由于使用压缩空气喷嘴如同“哨子”，容易发出刺耳噪声。为保护环境不受噪声污染，一般不提倡使用压缩空气吹卸方式。

3.3.5　复合冲裁模的典型结构设计要点分析

1. 顺装式复合冲裁模

实例 1

图 3-17 所示为仪表盘顺装式复合冲裁模。各种类型不同规格的压力表、温度表、电流表、电压表等表盘，一般都采用顺装式复合冲裁模冲制。此例具有较好的典型性与代表性。该冲模结构适于冲制带中心孔、群孔的表盘、铭牌等薄料大、中型软材质平板冲裁件。

在印制表盘、铭牌时，在工件外缘 2 ~ 3mm 处对称位置，印出两点标记作为定位用。冲制工件前，将已印制好的表盘、铭牌放置于件 12 凹模表面上，按动手柄 11，使指针 13 对准两印制定位标记，再冲裁成形。

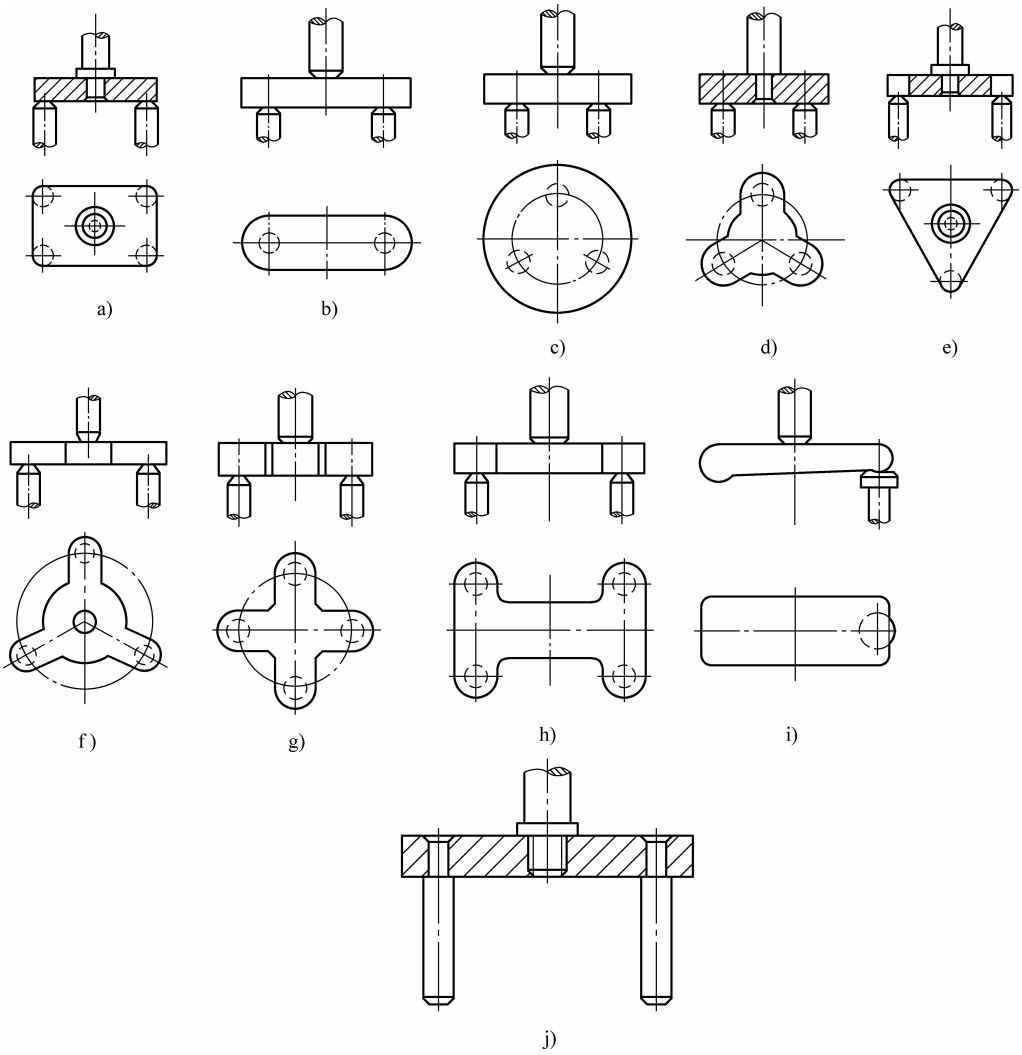


图 3-15　常用的推板结构形式

a）～i）不同形状、中小型冲裁件常用推板结构形式　j）较大尺寸冲裁件用推板结构示例

实例 2

图 3-18 所示为端盖顺装式复合冲裁模。该冲模采用冲孔废料在凸凹模旁侧斜孔自动排出的结构形式。因而，节省了一般顺装式复合冲裁模都必须装设的繁杂推卸废料系统，使得该冲模结构得以简化。

由于工件的孔边距很小，仅为 2mm，而冲裁件料厚为 $t=1$mm。如果采用倒装式复合冲裁模，凸凹模的壁厚，按 $t=1$mm，其最小壁厚为 2.7～3mm。但用顺装式复合冲裁模结构，冲孔废料随时从凸凹模侧向缺口排除，不会在冲孔凹模洞口内聚积，故不存在因废料聚积而胀裂冲孔凹模薄壁的危险。

顺装式复合冲裁模冲制的工件，有弹顶装置压平校直，冲出工件平面度好，不需再校平。

实例 3

图 3-19 所示为焊片顺装式复合冲裁模。在仪表及电子行业，有一些形状复杂的小尺寸

平板冲裁件，要求平整、料厚很小，采用顺装式复合冲裁模冲制合适。但其落料凹模有细长臂和枝芽，模孔壁很薄弱，制造难度大，使用易损坏。为此，采用镶拼结构，使复杂的凹模，分割成多块加工。该冲模即镶了一块凹模镶块 16，固定在凸模固定板 2 上，确保凹模 4 有足够的强度与寿命。工件由顶板 14 顶出，冲孔废料由推杆 12 推出。

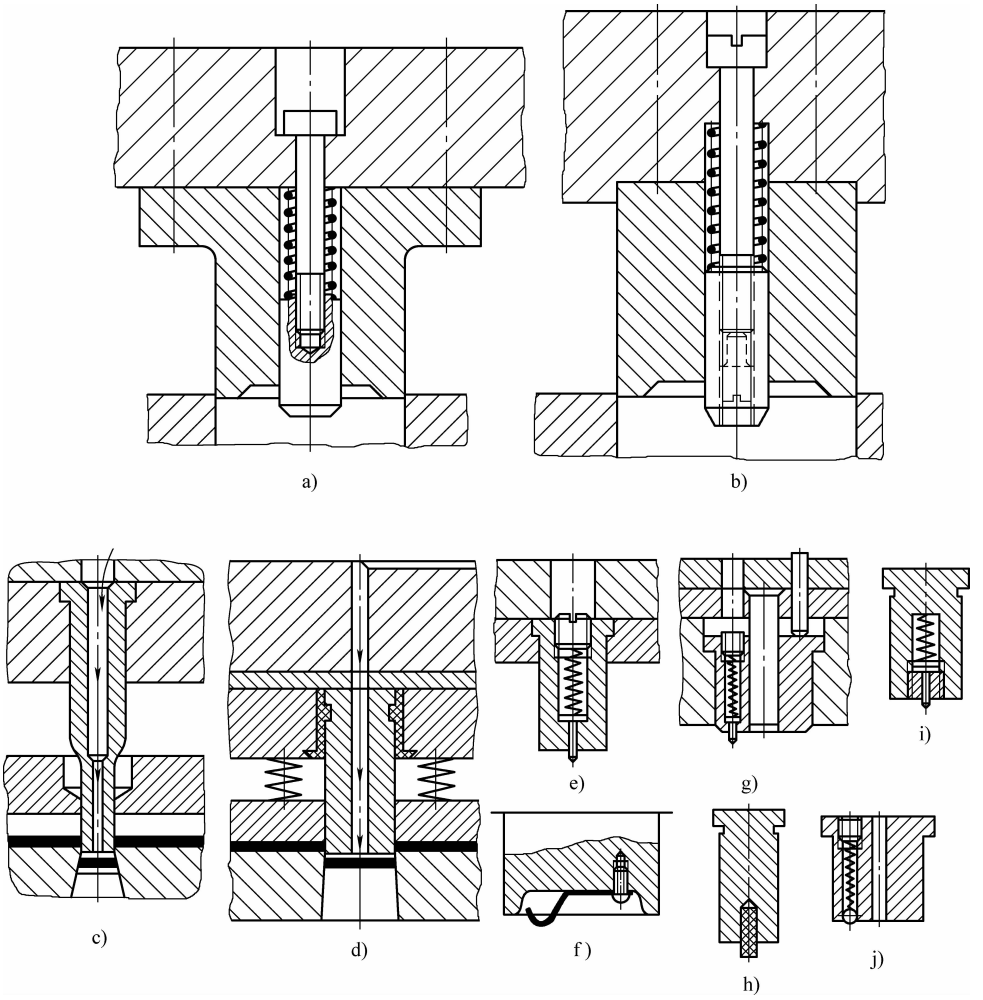


图 3-16　弹顶销、弹顶器及吹顶通气槽结构形式

a）、b）大型工件用弹顶器　c）、d）吹卸工件的通气孔（槽）　e）～j）中小工件用各种结构弹顶器（销）

实例 4

图 3-20 所示为数控信号用数字冲裁顺装式复合冲裁模，该模具将 0. 2mm 镍皮冲制成从 0～9 数控信号数字，本例以 0 号数字冲模为例。该冲模模芯主要零件线切割加工，为保证冲模制造精度，采取以下措施：

1）凸凹模 14 和匹配卸料器一次一体 CNC 电火花线切割加工，而后横向切开，确保其良好配合及更佳的同轴度。

2）固定板、卸料板、凹模板三板叠齐一切 CNC 电火花线切割完成，使三板模孔具有最好的同轴度。

3）凹凸模的固定板镀锡进行装配。

由于冲裁件料薄又软，加工数字宽度仅 0.4mm，顶件出模必须弹顶均匀而适度。顶件块与凹模周壁间隙小而均匀、弹顶力适度以平稳顶出工件为宜，需经试模调整合适顶件力。

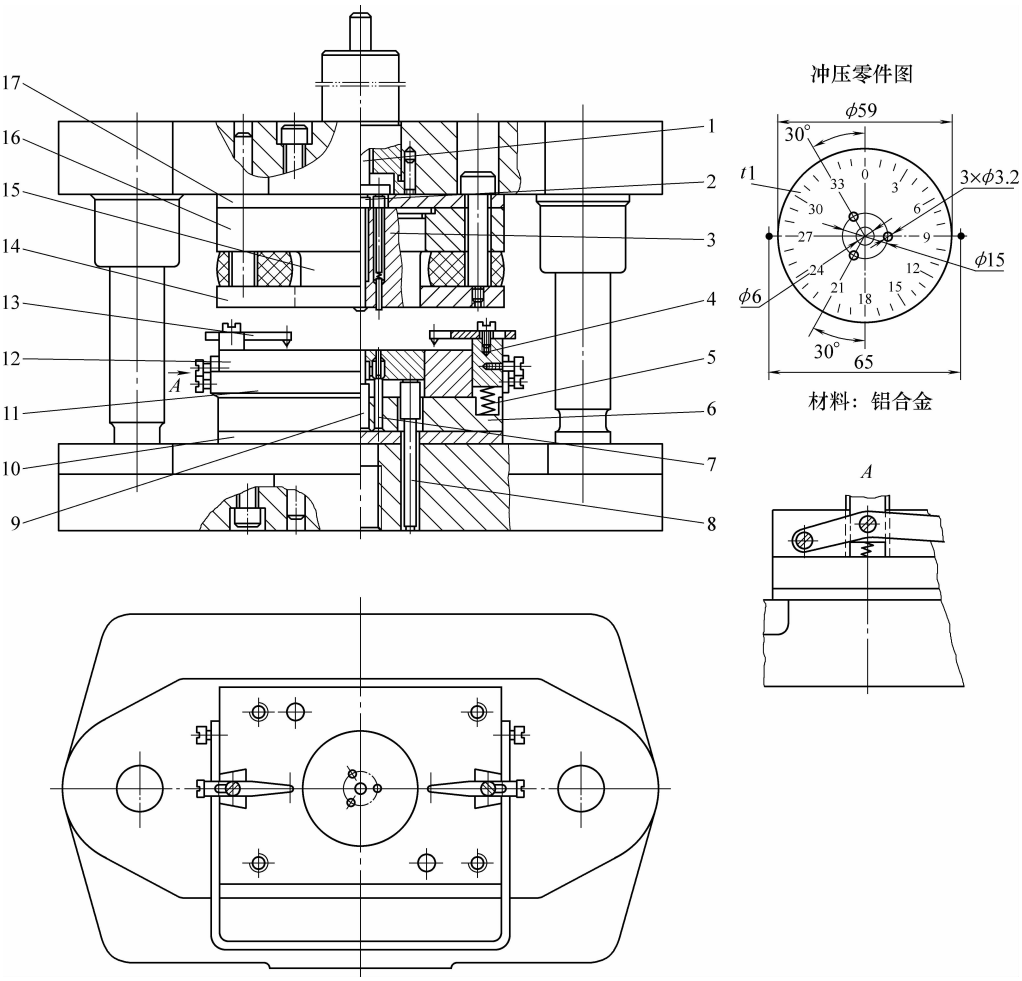


图 3-17　仪表盘顺装式复合冲裁模

1—打杆　2、3—打料杆　4—滑块　5—弹簧　6—下固定板　7、9、15—凸模　8—顶杆　10—下垫板　11—手柄　12—凹模　13—指针　14—卸料板　16—上固定板　17—上垫板

实例 5

图 3-21 所示为一套钢纸板圆垫圈有搭边（废料）套裁顺装式复合冲裁模，一模冲出两种纸板垫圈。由于实施了套裁，节省了原材料，提高了生产效率。

冲模结构较复杂。工件 b 的凸模 2 嵌装下凸凹模 27 上，保证了它们的同轴度。为了避免垫板 17 由于凸凹模的压力而产生变形，在上模座 20 的孔内压入三个支持销 16。

该冲模的另一个特点是，所套裁的两个工件是中间有搭边套裁：工件 b 的外径为 ϕ58.2mm，而工件 a 的内径为 ϕ84mm，两者相差甚远，中间还有（84mm－58.2mm）÷2＝12.9mm 宽的搭边废料。因此，该冲模和无搭边套裁冲模结构不同。

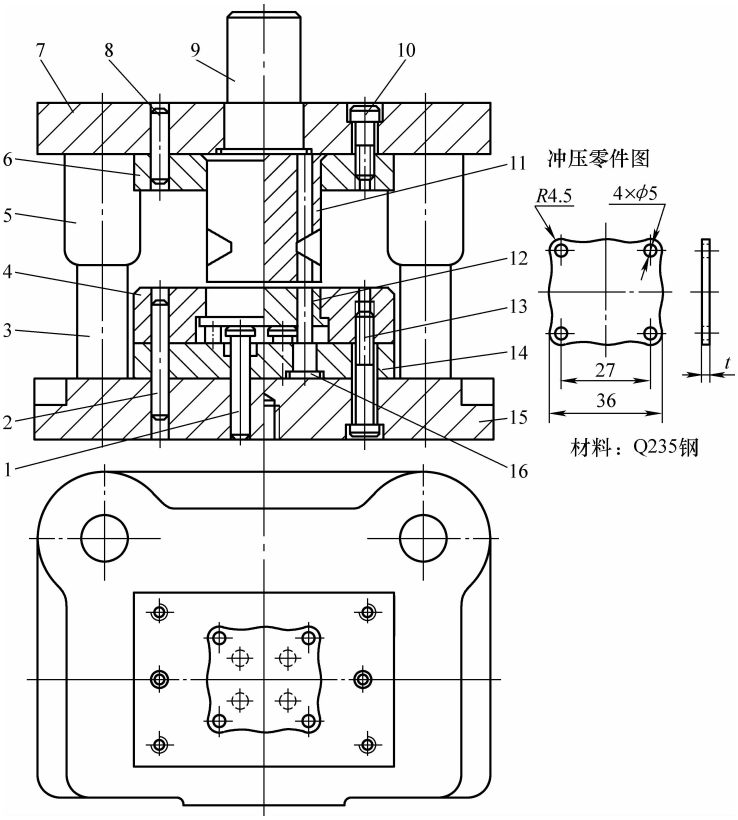


图 3-18　端盖顺装式复合冲裁模

1—顶杆　2、8—销钉　3—导柱　4—凹模　5—导套　6—固定板　7—上模座　9—模柄
10、13—螺钉　11—凸凹模　12—顶件器　14—下固定板　15—下模座　16—凸模

2. 倒装式复合冲裁模

由于这种结构的复合冲裁模的操作安全性及生产率都比顺装式复合冲裁模好，加上其典型结构组合，已有四种纳入机械行业成套冷冲模标准，故其应用远比顺装式复合冲裁模广泛。以下一些典型实例虽具有一定代表性，毕竟这类复合冲裁模在制造业的不同行业、不同产品的平板零件冲制中都普遍采用。此处仅举几例，必然挂一漏万，好在通过这些典型实例，进行通用结构的设计解剖，提示设计要点，以期对提高结构设计能力有所帮助。

实例 6

图 3-22 所示是 E 字形硅钢片倒装式复合冲裁模。这类硅钢片平面尺寸不大，但料厚（t =0.5mm）较厚，在仪表与电器产品中使用较多。这种硅钢片的冲模结构有多种形式。这套复合冲裁模在结构设计上有如下一些特点：

1）凸凹模、凹模、卸料板等模芯主要零件均采用整体结构。

2）所有模板模孔及凸凹模均采用 CNC 电火花线切割加工。

3）凸凹模采用直通式，用铆接法固定在固定板上后磨平紧固面。

4）凸凹模上的冲孔凹模洞口，采用喇叭形与扩大圆筒形，使冲孔废料不可能在凹模腔中聚积，有利于提高模具寿命。

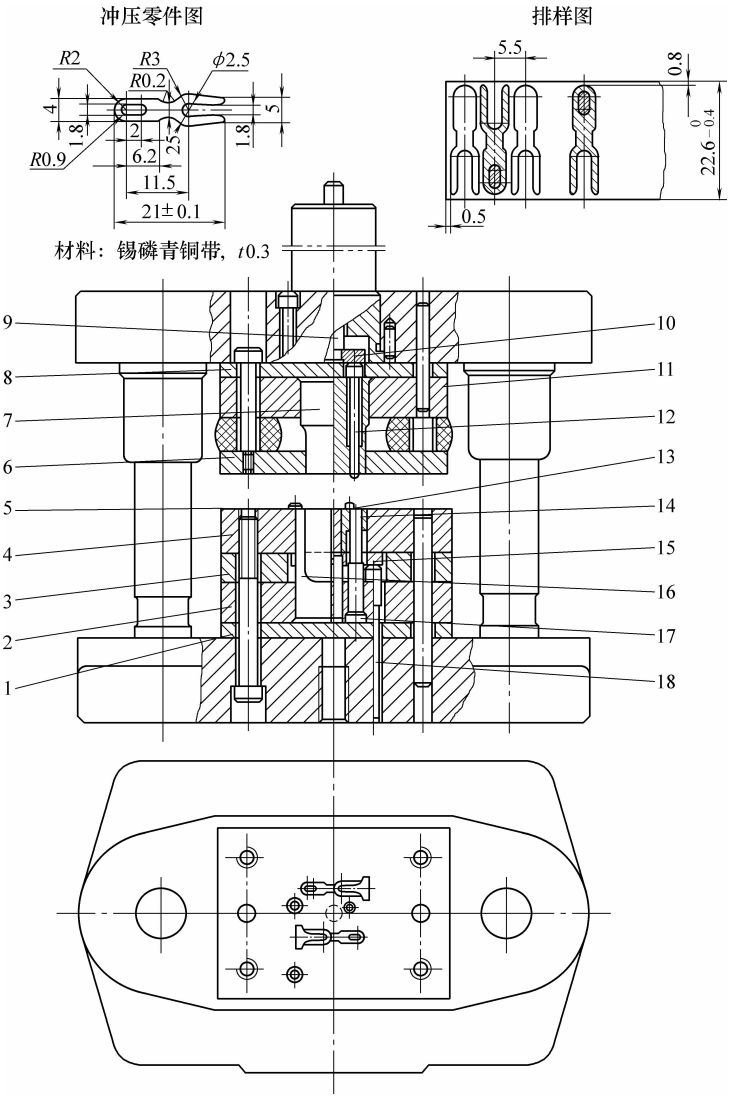


图 3-19　焊片顺装式复合冲裁模

1、3、8—垫板　2、11—凸模固定板　4—凹模　5—挡料销　6—卸料板
7—凸模　9—打棒　10—推板　12—推杆　13—挡销　14—顶板
15—托板　16—凹模镶块　17—小凸模　18—顶杆

5）卸（推）件系统结构紧凑，将推板置于垫板之上并埋装于上模座内，缩短了冲模闭合高度，简化了该系统结构。

实例 7

图 3-23 所示为一模冲出日字形与一字形两种硅钢片的倒装式复合冲裁模，由于采用无搭边套裁，使冲裁日字形的结构废料，得到充分利用。因此，实际上该冲模是一套复合套裁模。

两套裁冲片形状完全适合无搭边排样，可以进行少废料冲裁。只要带料宽度尺寸公差达到要求 ±0.02mm，更换挡料销，即可实施少废料冲裁。目前使用板裁条料进行有搭边有沿边的有废料冲裁。

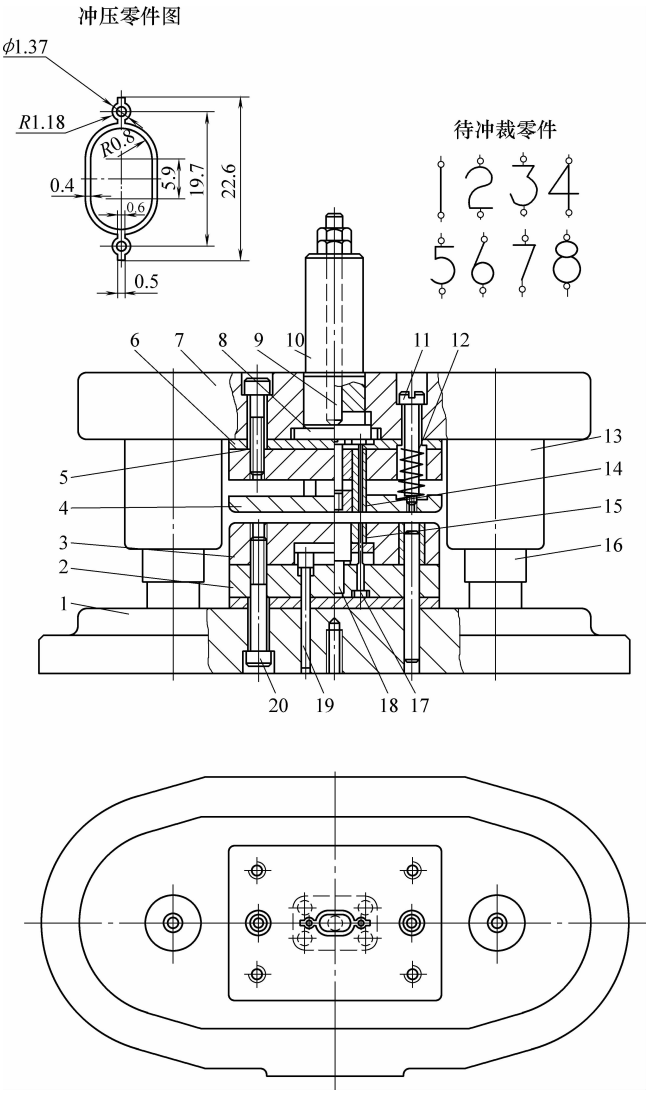


图 3-20　数控信号用数字冲裁顺装式复合冲裁模

1—下模座　2—凸模固定板　3—落料凹模　4—卸料板　5—固定板　6—垫板　7—上模座　8—推板　9—打杆　10—模柄　11、20—螺钉　12—弹簧　13—导套　14—凸凹模　15—顶件器　16—导柱　17—凸模　18—凸模　19—顶杆

该冲模在结构设计上有以下特点：

1）采用台阶式推杆 16，可直接推动推件块 24、推板 18，简化了推卸系统结构。

2）采用加长承料板，对提高冲裁件平面度，特别是套裁件平面度有利，也便于手工送料。

3）细长冲孔凸模由加长推件块，通过与凸模的合理配合，获得如护套一样的保护及横向支承，不会产生纵弯折断。

该冲模一次冲出两种零件，节约了原材料，提高了生产效率。

由推杆 16 和推件块 24，将工件 a 从凹模内推出；缓冲器通过下推料杆 31，由下推件块 4，推出工件 b；推杆通过推板由上推杆 12 推出废料。

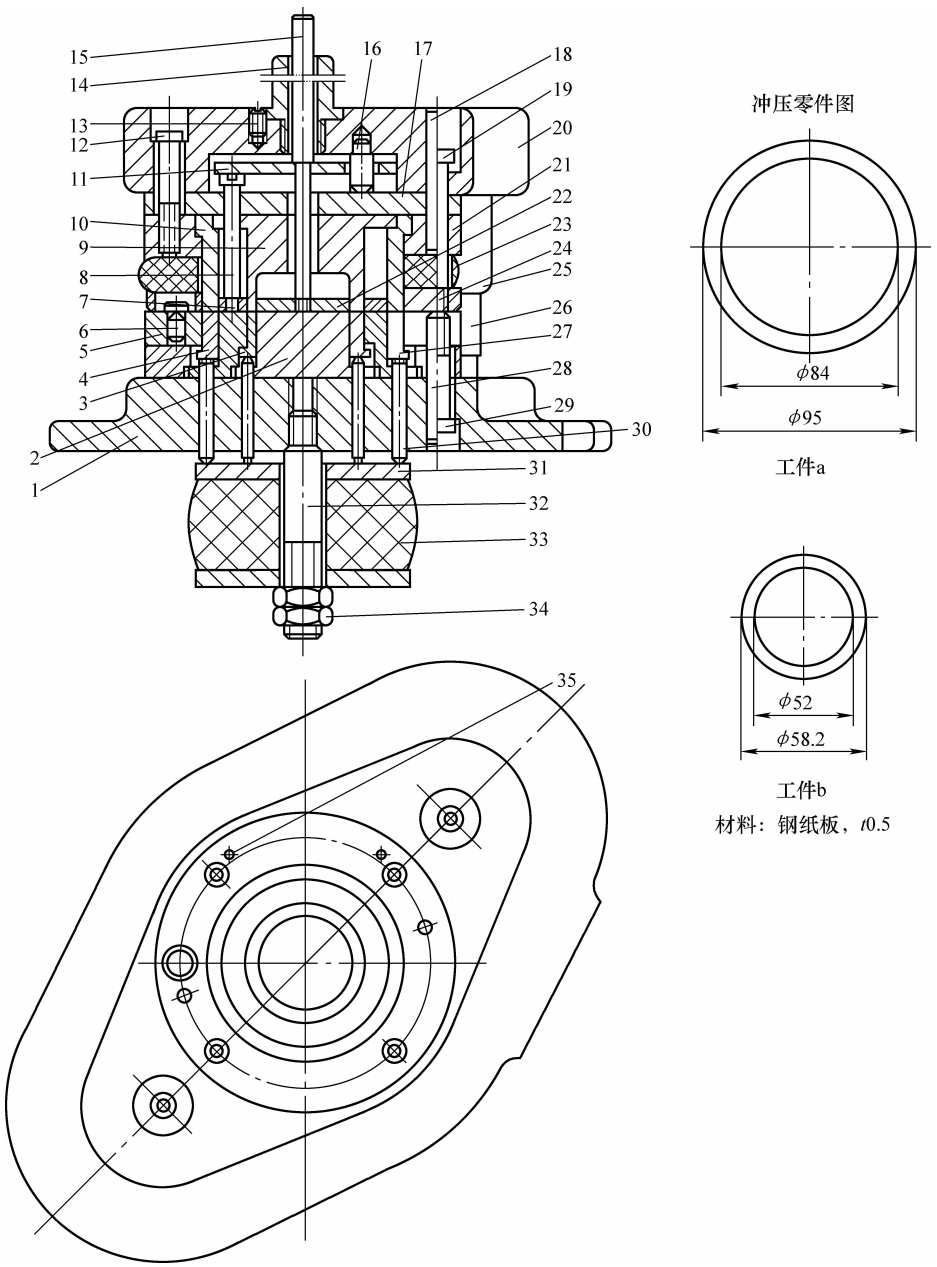


图 3-21　钢纸板圆垫有搭边（废料）套裁顺装式复合冲裁模

1、20—模座　2—凸模　3、4—推件圈　5—凹模　6、35—固定挡料销　7—推料圈　8、12、19、29—螺钉
9、10—上凸凹模　11—推件板　13—紧固螺钉　14—模柄　15—推杆　16—支持销　17、31—垫板
18、28、30—圆柱销　21—上凸凹模固定板　22—推料板　23、33—橡胶体　24—卸料板　25—导套
26—导柱　27—下凸凹模　32—拉杆　34—螺母

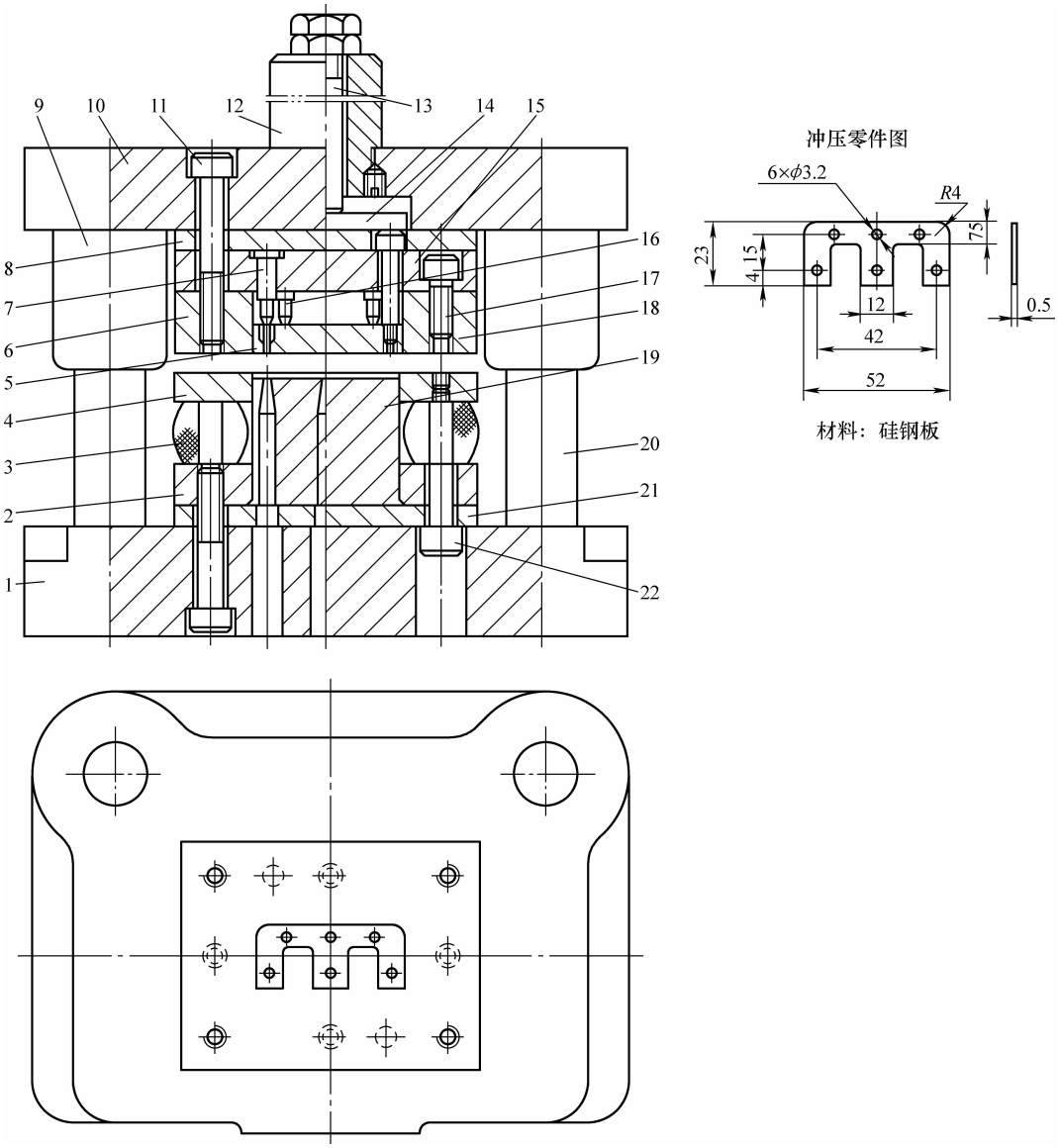


图 3-22　E 字形硅钢片倒装式复合冲裁模

1、10—模座　2—下固定板　3—橡胶体　4—卸料板　5—推（卸）件器　6—凹模
7、16—冲孔凸模　8、21—垫板　9—导套　11、17、22—螺钉　12—模柄
13—打杆　14—推板　15—凸模固定板　18—凹模　19—凸凹模　20—导柱

实例 8

图 3-24 所示为转子片倒装式镶拼结构复合冲裁模。这是使制模得到简化的倒装式复杂形状平板冲裁件复合冲裁模中，颇具代表性的典型结构形式。

该冲模是转子硅钢片冲模。

为了避免由于凹模强度不够，而使其损坏和便于制造，在凸模固定板 24 上嵌镶了凸模拼块 16、17。这样凹模 26 内形仅是一个圆，制造非常简单。固定板 24 嵌在凹模内，是为了让拼块 16、17 与凹模有很好的配合。为了使卸料板 10 便于制造，增加了 16 个顶料杆 4，由橡胶体 2 和托板 3，使其顶料。卸料板内形仅是一个圆。

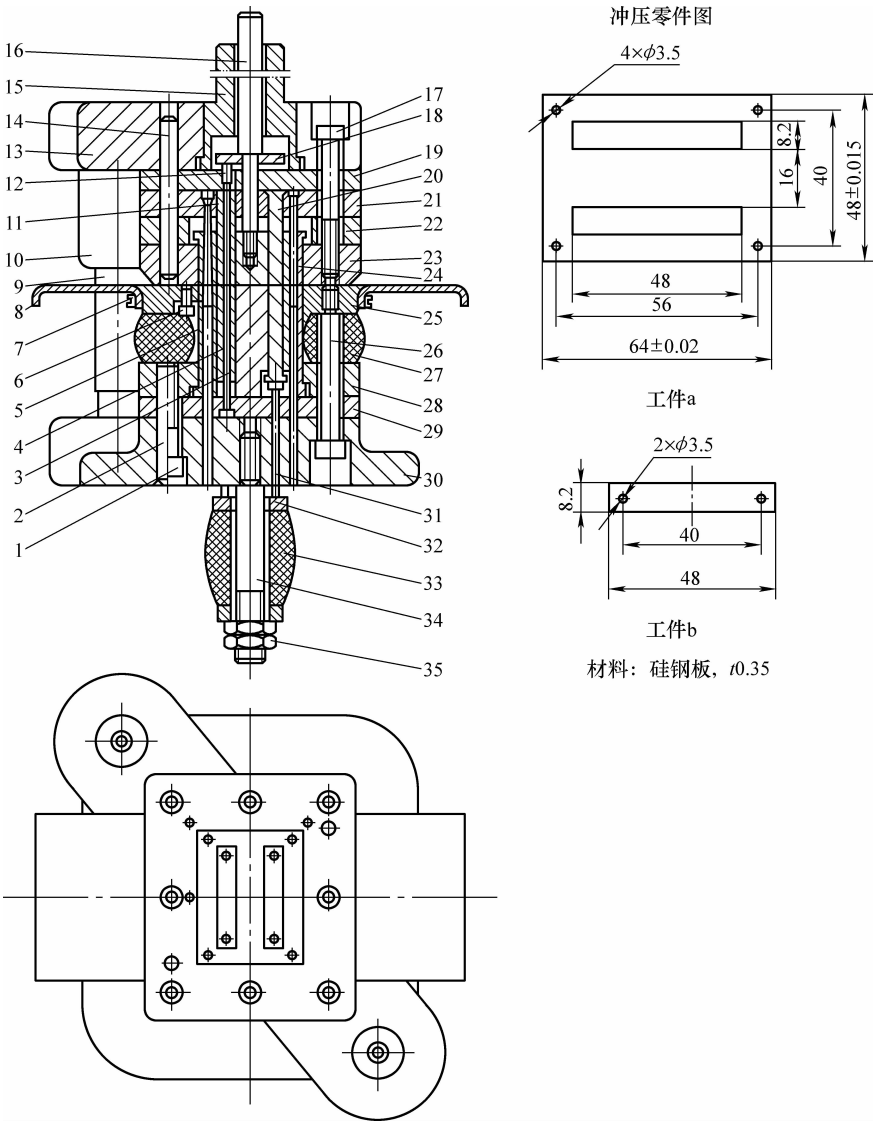


图 3-23　硅钢片套裁倒装式复合冲裁模

1、7、17、26—螺钉　2、14—圆柱销　3—下凸模　4—下推件块　5—下凸凹模　6—活动挡料销　8—托料板　9—导柱　10—导套　11—上凸模　12—上推杆　13、30—模座　15—模柄　16—推杆　18—推板　19—垫板　20—上凸凹模　21—上固定板　22—空心垫板　23—凹模　24—推件块　25—卸料板　27、33—橡胶体　28、29—下固定板　31—下推料杆　32—法兰盘　34—拉杆　35—六角螺母

实例 9

图 3-25 所示倒装式复合冲裁模，系冲制仪表仪器、电子元器件中的小型变压器硅钢片常用的典型结构形式。用板裁条料或带料，采用单工位复合冲裁模，经落料、冲孔、切开等工步，完成硅钢片冲裁加工。

该冲模结构设计的要点在于，采用何种结构形式将日字形硅钢片中间 12mm 宽的一条一端切出 R10mm 圆弧缝，只切开不分离。为此，该冲模设计了一只浮动剪切凸模 31。

冲裁时剪切凸模 31，受强力橡胶体 1 的压力，将此凹模 13 凸出 0. 8mm 的切削刃下压而

在条料上切缝，冲模继续向下时，剪切凸模 31 因已紧压于凸模 18 上而停止前进，并将橡胶压缩。同时，凸模 19 完成落料，而凸模 32 亦完成冲孔。

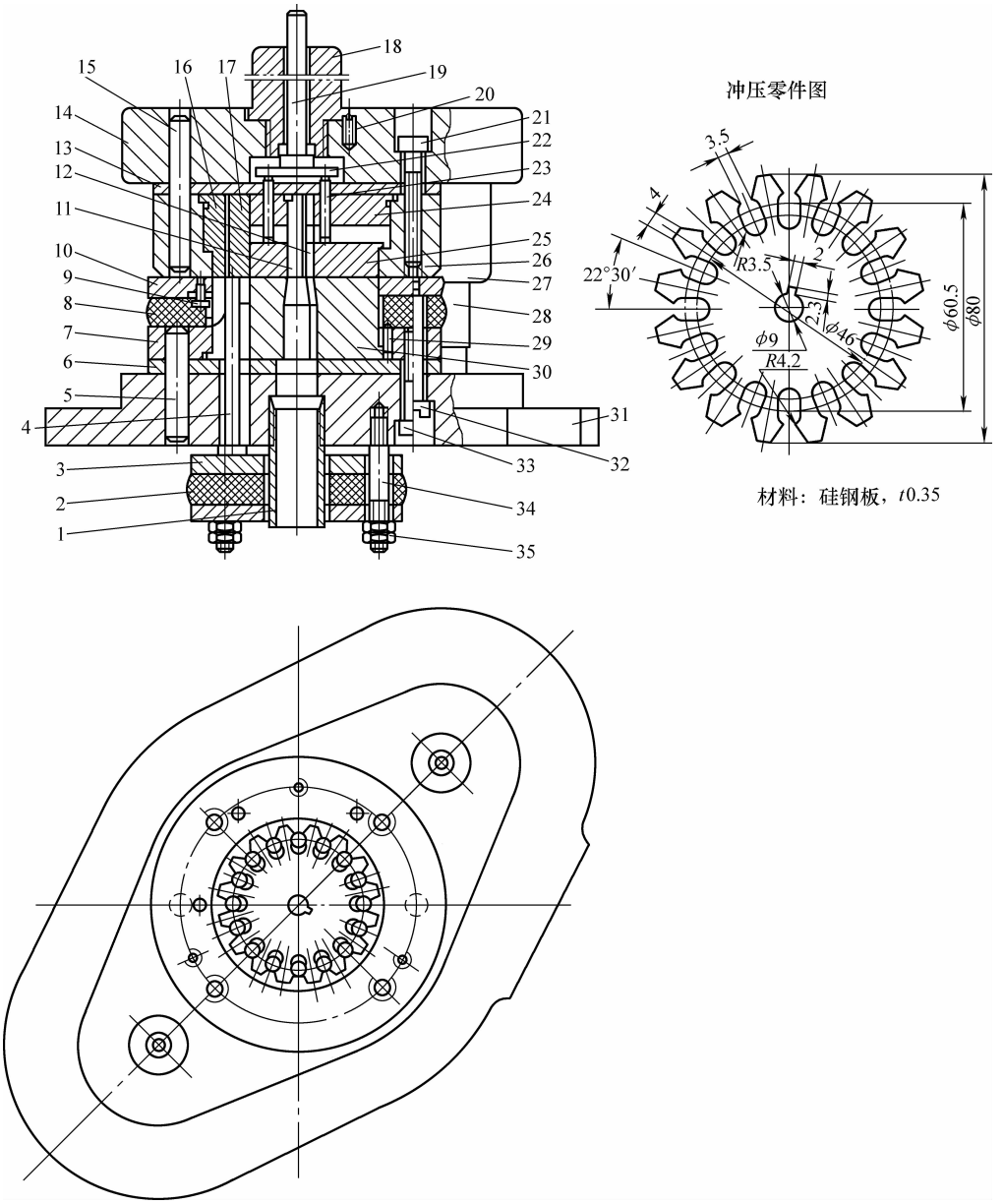


图 3-24　转子片倒装式镶拼结构复合冲裁模

1—漏料管　2、8—橡胶体　3—托板　4—顶料杆　5、15、29—圆柱销　6—下垫板　7—凸凹模固定板　9—活动挡料销　10—卸料板　11—凸模　12—凸模拼件　13—上垫板　14—上模板　16—凹模拼块　17—凹模拼块　18—模柄　19—推杆　20—锥端紧固螺钉　21、33—内六角螺钉　22—推件板　23—圆柱销　24—凸模固定板　25—推件块　26—凹模　27—导套　28—导柱　30—凸凹模　31—下模座　32—卸料螺钉　34—缓冲器拉杆　35—六角螺母

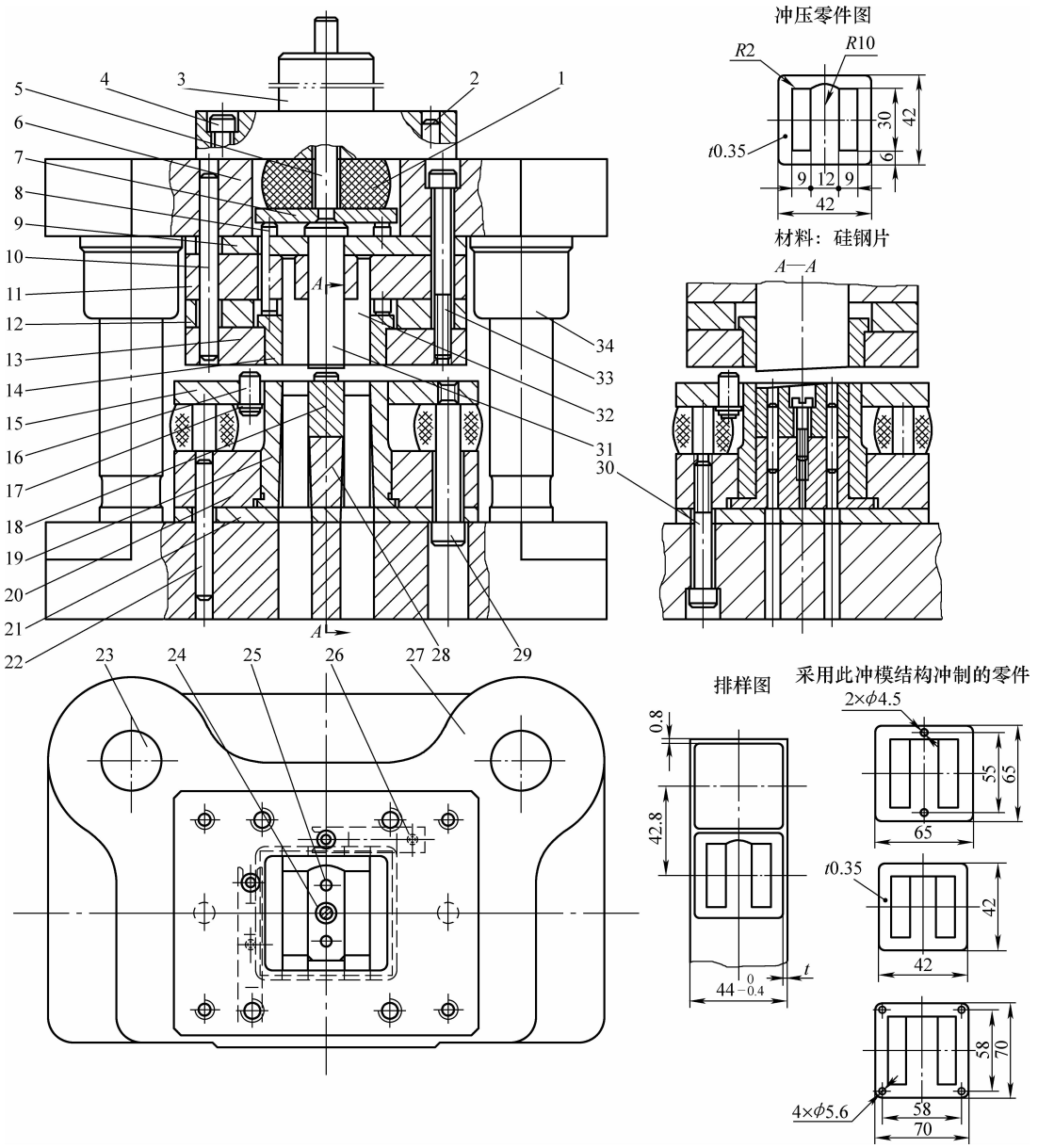


图 3-25　日字形硅钢片倒装式复合冲裁模

1—橡胶体　2、10、22、25—销钉　3—模柄把　4、26、29、30、33—螺钉　5—打料棒　6—上模座　7—打板　8—推杆　9、12、21—垫板　11—固定板　13—凹模　14—推板　15—卸料板　16—挡销　17—簧片　18—凸模镶块　19—凸模　20—凸模固定板　23—导柱　24—沉头螺钉　27—底座　28—衬块　31—剪切凸模　32—凸模　34—导套

实例 10

图 3-26、图 3-27 所示为冲制高精度、薄料平板冲裁件所用的倒装式复合冲裁的结构形式。与常规同类复合冲裁模相比，就是采用了浮动模柄和采用了与浮动模柄具有同等效果的弹簧模架。两者的作用都是避免压力机动态精度不良的影响，特别是压力机滑块底面与压力机工作台表面平行度误差过大、滑块行程对压力机台面的垂直度偏差太大等，影响冲模的导

向精度，对于冲裁料厚 $t=0.2$mm 铝、黄铜等冲裁件的冲模，其单边冲裁间隙仅 $C=(4\%\sim6\%)t=0.008\sim0.012$mm。国产公称压力 $F_{公称}\leqslant2500$kN 的中小型开式压力，包括迄今仍为国内冲压中小型冲压零件主要机型、保有量最多的 J23 系列开式双柱可倾压力机、J21 系列开式双柱固定台压力机、J11 系列开式单柱固定台偏心压力机、J12 系列开式单柱活动台偏心压力机，以及上述各机型的改进机型。其出厂精度按照 GB/T 23280—2009《开式压力机　精度》，压力机工作台板上平面的平面度公差，每 100mm 长度 0.015～0.020mm（分前后、左右）；滑块行程对工作台板上平面垂直度公差，每 100mm 长度为 0.030～0.040mm 等。其各项误差对冲模上、下模导向造成的综合误差可达 0.15mm 左右，远大于冲制薄料的最大冲裁间隙。因此，在冲模上采取措施，消除影响十分必要。同时，模架也应为 I 级高精度模架。

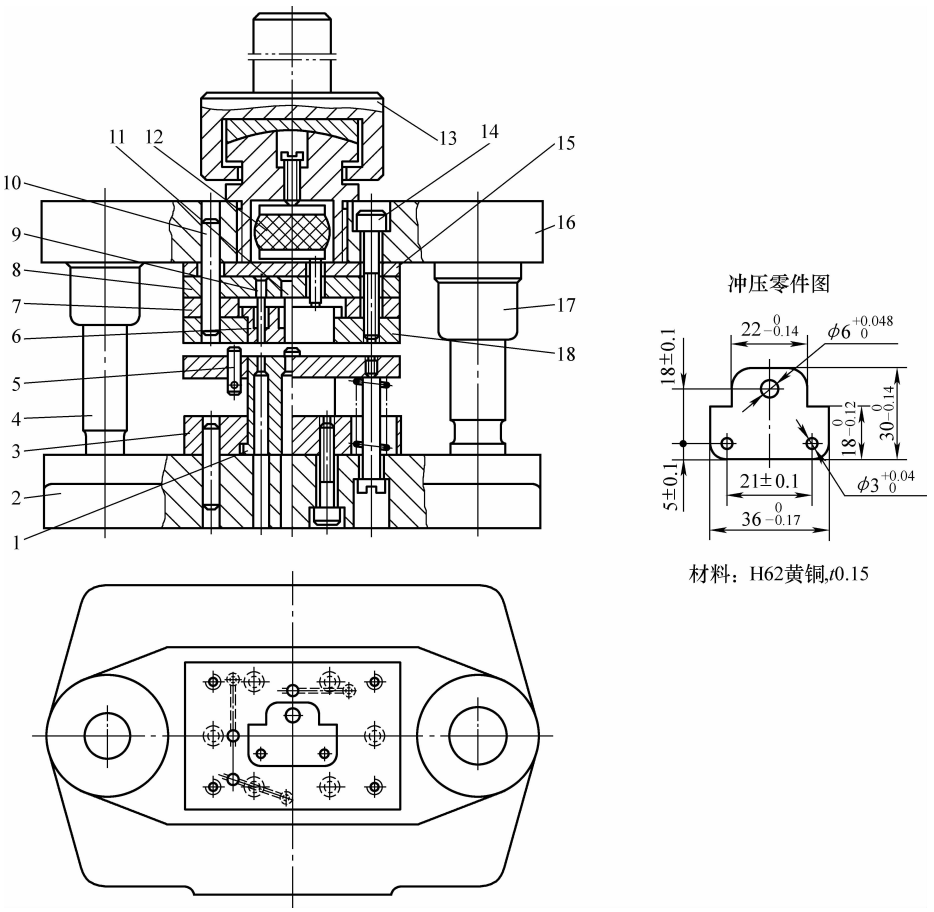


图 3-26　带浮动模柄的倒装式复合冲裁模

1—凸凹模　2、16—模座　3—下固定板　4—导柱　5—活动挡料销　6—推件块
7—空心垫板　8—上固定板　9、11—冲孔凸模　10—销钉　12—橡胶体
13—浮动模柄　14—螺钉　15—垫板　17—导套　18—凹模

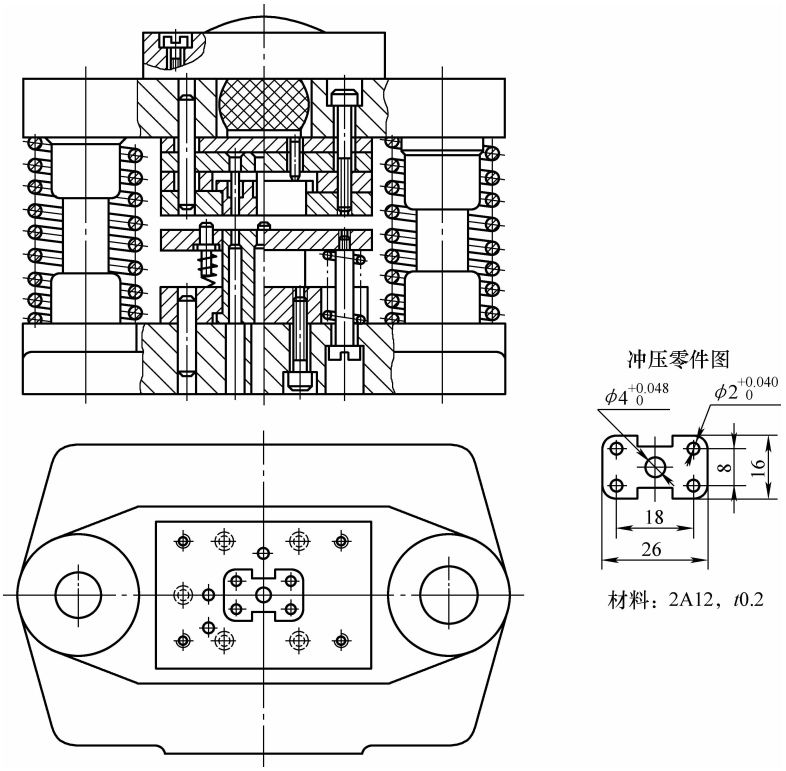


图 3-27　带弹簧模架的倒装式复合冲裁模

3.4　连续冲裁模的结构设计

用于多个冲压工步连续冲压的连续模，可以在压力机的一次冲压行程中，在模具的不同工位上同时完成两个或两个以上冲压工步。这种具有两个或两个以上冲压工位的连续模，迄今尚无统一的、一致公认的科学而合理的标准名称，故即便在有关标准文献中，也有很多别名，如跳步模、级进模、顺序模、程序模等。

连续冲裁模只是众多类型连续模中，只进行多工位连续冲裁加工的一种连续模。这类连续模的应用相当普遍。除了冲制大量的、料厚不等、形状各异、带孔与内形冲切的平板冲裁件之外，很多立体形冲压成形件的展开平毛坯、中厚板与厚板切削加工坯件、高精度薄板与超薄板冲裁件等，大都采用连续模冲制。

现代冲压技术的迅速发展，使很多具有群孔、多槽孔、孔壁小和内形及外廓形状复杂、精度高的冲裁件、形状复杂的冲压零件，特别是一些按传统冲压工艺要多副冲模分序冲制的中小型复杂的冲裁件、冲压零件，越来越多地采用多工位连续模冲制，以提高零件质量和冲压效率，降低冲压零件生产成本。但设计与制造这类多工位连续模难度大，技术要求高，而排样图设计则首当其冲。只有设计出合理的排样图，才有可能顺利完成这类连续模设计与制造。

连续模冲压零件的排样设计，是连续模结构设计的基础及重要组成部分，影响到连续模结构选型及制模工艺性、制模周期与模具费、冲压零件质量及材料利用率，以及冲压零件生产成本，是一项综合性、技术性很强的设计工作。

3.4.1　连续冲裁模结构类型及主要特点

应该说，连续冲裁模大多数结构比具有除多个冲裁工位外，还有弯曲或拉深、连续拉深等一个或几个成形工位连续式复合模的结构要简单。通常有代表性的连续冲裁模，就只有冲孔、落料等2～3个冲裁工位，用冲孔、切口或多次冲孔与落料组合、冲内形与冲口或冲孔组合等获得各种不同形状的内外形冲切轮廓，其工位数增多，远不止2～3个。

按照卸料方式，连续冲裁模可分为：

1）手工卸料或用卸料钩、卸料块的简单连续冲裁模。

2）固定卸料连续冲裁模，包括无导柱模架的固定卸料连续冲裁模、用导柱模架的固定卸料连续冲裁模和用导板的固定卸料连续冲裁模。

3）弹压卸料连续冲裁模，包括用导柱模架的弹压卸料连续冲裁模、用导柱模架带弹压卸料板或导板的弹压卸料连续冲裁模。

普通全钢连续冲裁模结构类型及技术特征见表3-7。

表3-7　普通全钢连续冲裁模结构类型及技术特征

普通全钢连续冲裁模结构类型	主要结构特点	使用范围		工位数/个	冲压精度	
		冲裁料厚 t/mm	推荐冲裁料宽 B_{max}/mm		尺寸精度（IT）	几何精度/mm
无导向敞开式简单连续冲裁模	整体凸模及凹模结构，用手工或卸料钩，卸料块卸料	1.5～10	≥250	2	<14	很差
无导柱固定卸料连续冲裁模	不用导柱模架，用固定卸料板卸料	1.5～10	200	2～3	12～14	0.2～0.5
导柱模架固定卸料连续冲裁模	采用导柱模架，固定卸料板	0.2～6	200	2～5及5以上	11～12	0.1～0.2
固定卸料导板式连续冲裁模	不用模架，依导板对凸模导向，导板兼有卸料功能	0.2～6	200	2～5及5以上	11～12	0.1～0.25
导柱模架弹压卸料导板式连续冲裁模	采用导柱模架、弹压卸料导板式结构	0.05～1.5	160	2～5及5以上	9～11	0.05～0.12
导柱模架弹压卸料连续冲裁模	采用导柱模架弹压卸料板结构	0.05～2	160	2～5及5以上	10～11	0.08～0.15
滚珠导柱模架弹压卸料导板式连续冲裁模（特殊结构、高精度连续冲裁模）	采用滚珠导柱模架、弹压卸料板、特殊模芯高精度结构，挂装在导柱上的导板装或不装小导柱	0.05～1.0	160	2～5及5以上	8～9	±0.003

3.4.2　连续冲裁模冲裁件排样要点

连续模冲裁件排样与单工位冲模（包括单工位复合模）相比要复杂得多，其排样要保

证连续冲压工艺顺利实施，并获取尽可能高的材料利用率，操作安全，生产率高，影响因素多，要求高。其步骤与要点如下：

1）通过对冲裁件详尽的工艺分析后，就冲裁件连续冲裁的可行性，进行研究并提出多个冲压工艺方案进行对比，从中选优后实施排样。

2）冲裁件的形状、尺寸及精度直接影响到连续冲压工艺及其工步顺序，排样时要考虑连续冲压的工艺性、冲模结构设计的需要，在工步顺序与工位安排上注意以下各点：

① 冲裁件上群孔中，对孔距精度要求在IT10级以上或孔距公差值小于0.01mm的孔，均应在一个或相邻两个工位上冲出；齿形、有较高直线度、线轮廓度及位置度要求的内形应在同一工位冲出。

② 冲裁件上孔壁、孔边厚度小于料厚t，不足2mm，应分步在两个工位上冲出，以增强凹模强度。

③ 对于群孔同轴度、位置度要求很高，公差小于0.01mm，可将有关孔一次冲出或在相邻工位上冲出。

④ 如果冲裁件局部凸台或凹口尺寸要求严，可用多工位分切后拼合。

⑤ 对于产量大的小型复杂形状多孔的冲裁件，孔边距、孔间壁厚$b \leqslant t$的冲裁件，群孔、群槽孔密集的冲裁件，以及小孔多而集中的冲裁件等，应尽量采用连续模冲制，以提高冲模寿命、冲裁件质量与生产率。

⑥ 尺寸精度要求IT10以上的高精冲裁件，排样时应尽量减少工步，防止工位数多，送料积累误差大，降低冲压精度。

⑦ 局部精冲、光洁冲裁等应设专门工位。

3）考虑冲模结构设计的需要、冲裁及分多个工步冲裁所需位置的要求，设置必要的空挡工位，以扩大密集小凸模杆部加粗后凸模在固定板上的安装位置。

3.4.3　连续冲裁模冲裁件排样的类型及方法

根据连续模冲压工艺特点、工位间送进方式、排样有无搭边及切除工艺废料方法等，可将连续模冲裁件排样归纳为以下几种类型及排布方法：

（1）分切组合排样　各工位分别冲切冲裁件的一部分，各工位相对独立，互不相干，其相对位置由模具控制，最后组合成完整合格的冲裁件，见图3-28a～g。

（2）拼切组合排样　冲裁件的内孔与外形，甚至是一个完整的任意形状冲裁线，都用几个工位分开冲切，最后拼合成完整的冲裁件，虽与分切组合类似，但却不尽相同。其各工位拼切组合，冲切刃口相互关联，接口部位要重合，增加了制模难度，见图3-28h、i、j、k、l。

（3）裁沿边排样　用冲切沿边的方法，获取冲裁件侧边的复杂外形，即裁沿边排样。当冲切沿边在送料方向上的长度L与进距S相等时，即$L=S$，则可取代侧刃并承担对送进原材料切边定距的任务。通称这类侧边凸模为成形侧刃。由于JB/T 7648.1—2008标准侧刃，品种少且尺寸规格有限，最大切边长度仅40.2mm。当送料进距$S>40.2$mm时，便只能用非标准侧刃了。采用标准侧刃的另一个缺点是，要靠在原材料侧边切除一定宽度的材料，形成长度等于送料进距的切口，对送进原材料定位，增加了工艺废料，材料利用率η值下降2%～3%。用侧边凸模裁沿边，既能完成冲裁件侧边外廓任意复杂外形的冲裁，又可实现对送进原材料进距限位，取代标准侧刃，一举多得，见图3-28m～p。

（4）裁搭边排样　对于细长的薄料冲裁件，与搭边连接的部位，有复杂的形状外廓的

长冲裁件，用裁搭边法冲裁，可避免细长冲裁件扭曲变形、卸件困难等缺点。比较典型的冲压零件是仪表指针、手表秒针等，采用上述裁搭边排样，效果很好。为了制模方便，有时将搭边放大，便于落料，而作为搭边留在原材料上的冲裁件，最后才切开分离出来，见图 3-28q ~ u。

（5）沿边与搭边组合冲切排样　通过分工位逐步冲切沿边与搭边获取成形冲压零件展开毛坯，并冲压成形的排样称之为沿边与搭边组合冲切排样。诸工位冲去的是工艺废料，冲压零件留在原材料上，逐步成形至最后工位分离出模。见图 3-28v ~ z。

（6）套裁排样　用大尺寸冲裁件内孔的结构废料，在同一副连续模的专设工位上冲制相同材料更小尺寸的冲压零件，即套裁排样。一般情况下是先冲内孔中的小尺寸工件，大尺寸工件往往在最后工位上落料冲出。由于上下工位无搭边套料，同轴度要求高，送料进距偏差要小才能保证套裁工件尺寸与几何精度，见图 3-29a ~ g。

（7）拼裁排样　利用冲裁件的工艺废料或与沿边相连的结构废料，相互拼合冲制相同材料的零件，即拼裁排样。与套裁排样的区别在于，拼裁是尽量利用工艺废料或多余的沿边与搭边，以及由于冲裁件复杂的外形，凸凹差异大而产生的外沿结构废料，冲制材质相同的多种冲裁件。排样时，充分利用冲裁件外形凸、凹部分，相互掺叉嵌入拼合排布，使原材料得到充分利用，见图 3-29h ~ j。

（8）无搭边排样与无废料冲裁　由于绝大多数连续模冲压零件，都采用有沿边、有搭边排样，只能进行有废料冲裁。如果能进行无沿边、无搭边排样，同时冲裁件又无结构废料产生，便可进行无废料冲裁。真正使板材利用率，达到或接近 100% 的完全无废料冲裁的冲裁件，较为罕见，但凡能进行无搭边排样的工件，都可进行少废料冲裁。图 3-29k ~ q 所示为用连续模冲制的无搭边排样的工件排样图。

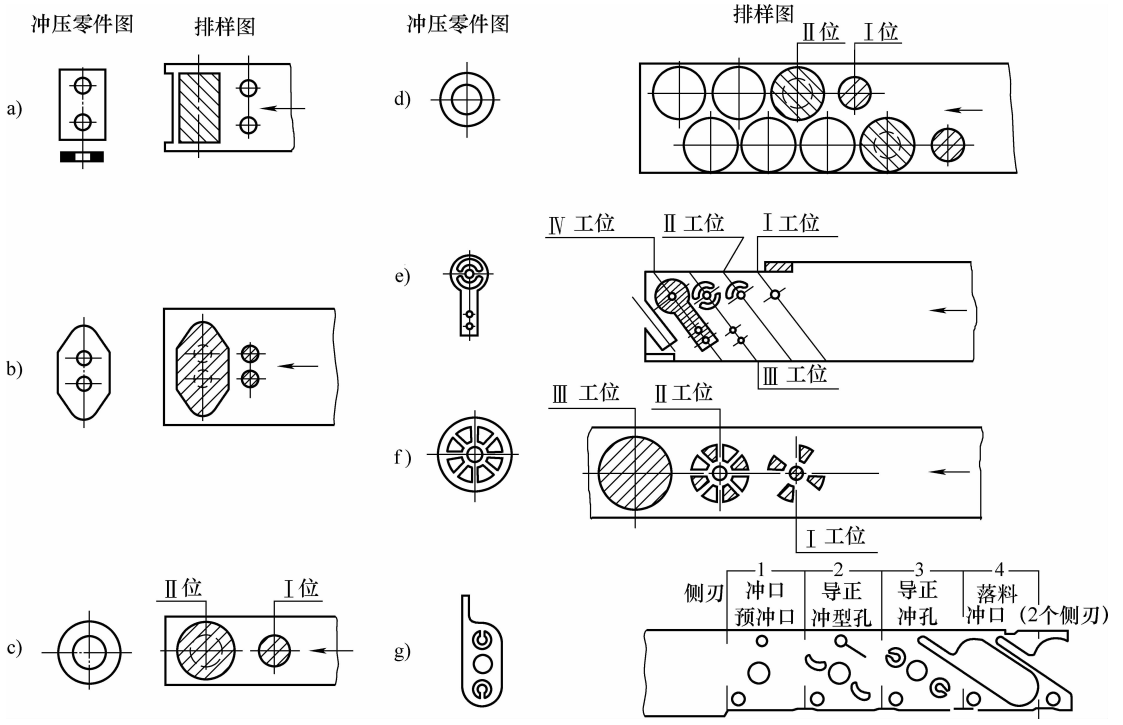


图 3-28　连续冲裁排样图设计 Ⅰ

a）~ g）分切组合排样

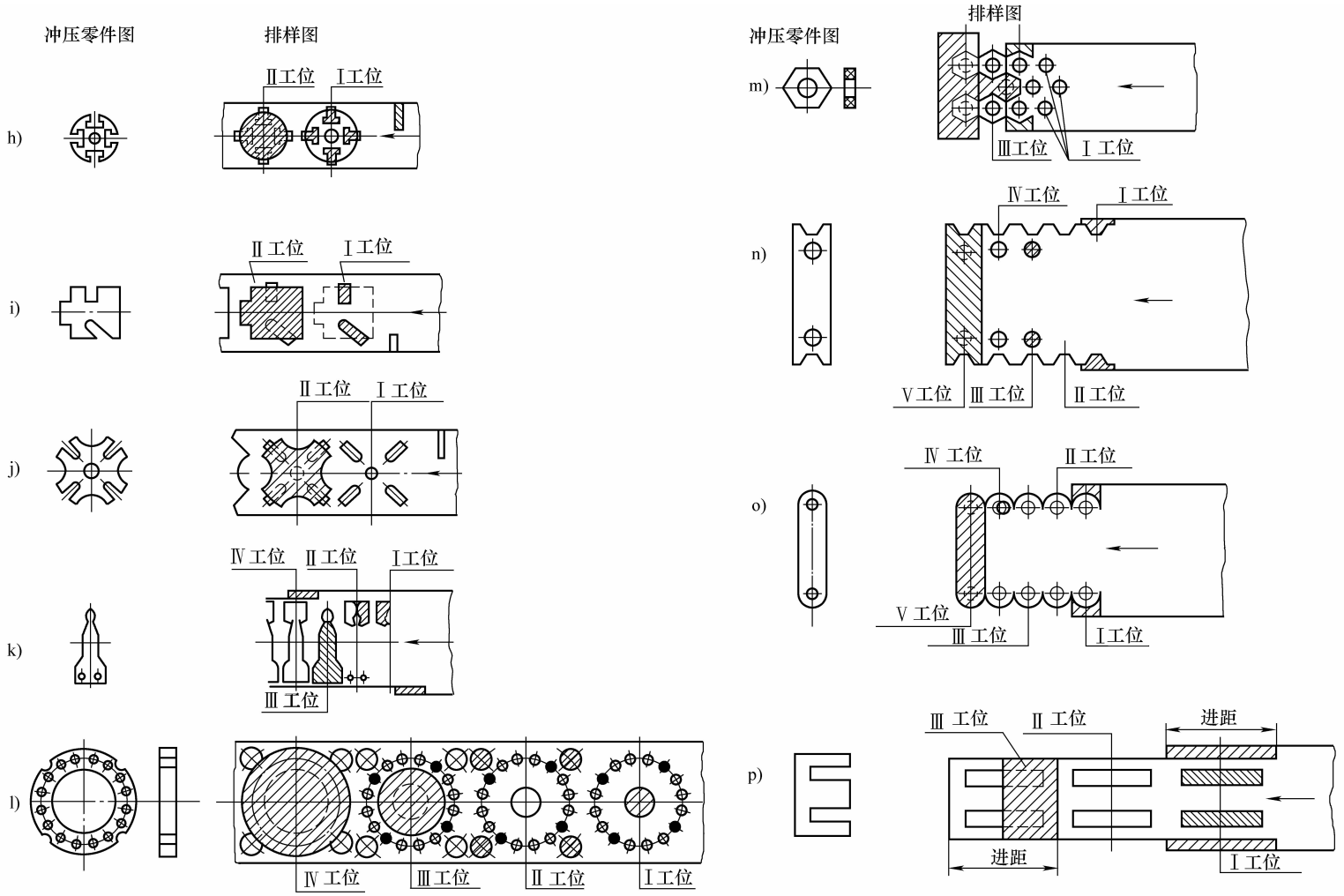


图 3-28　连续冲裁排样图设计Ⅰ（续一）

h）~l）拼切组合排样　m）~p）裁沿边排样

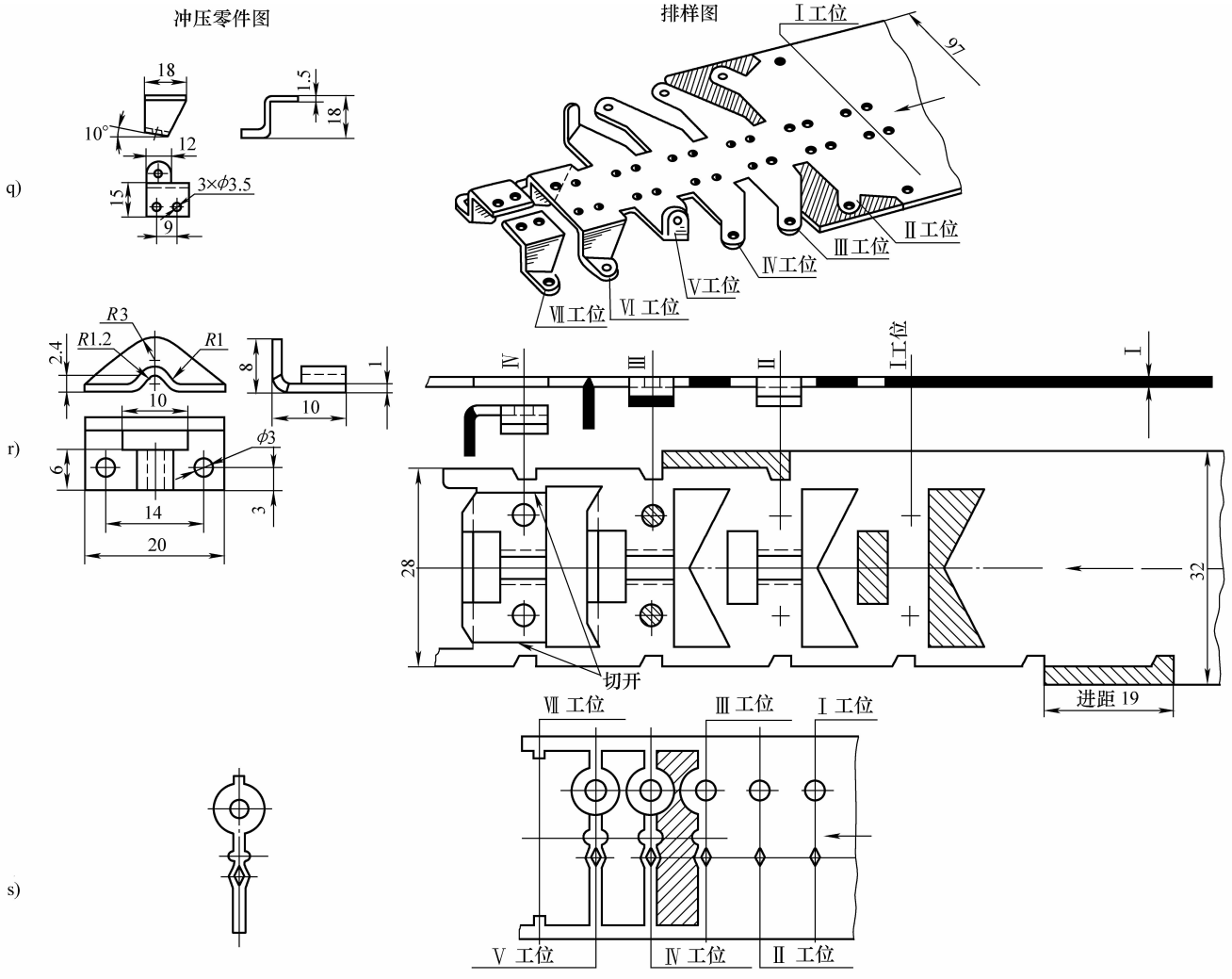


图 3-28　连续冲裁排样图设计Ⅰ（续二）

q）～s）裁搭边排样

图 3-28　连续冲裁排样图设计Ⅰ（续三）

t）～u）裁搭边排样　v）～w）沿边与搭边组合冲切排样

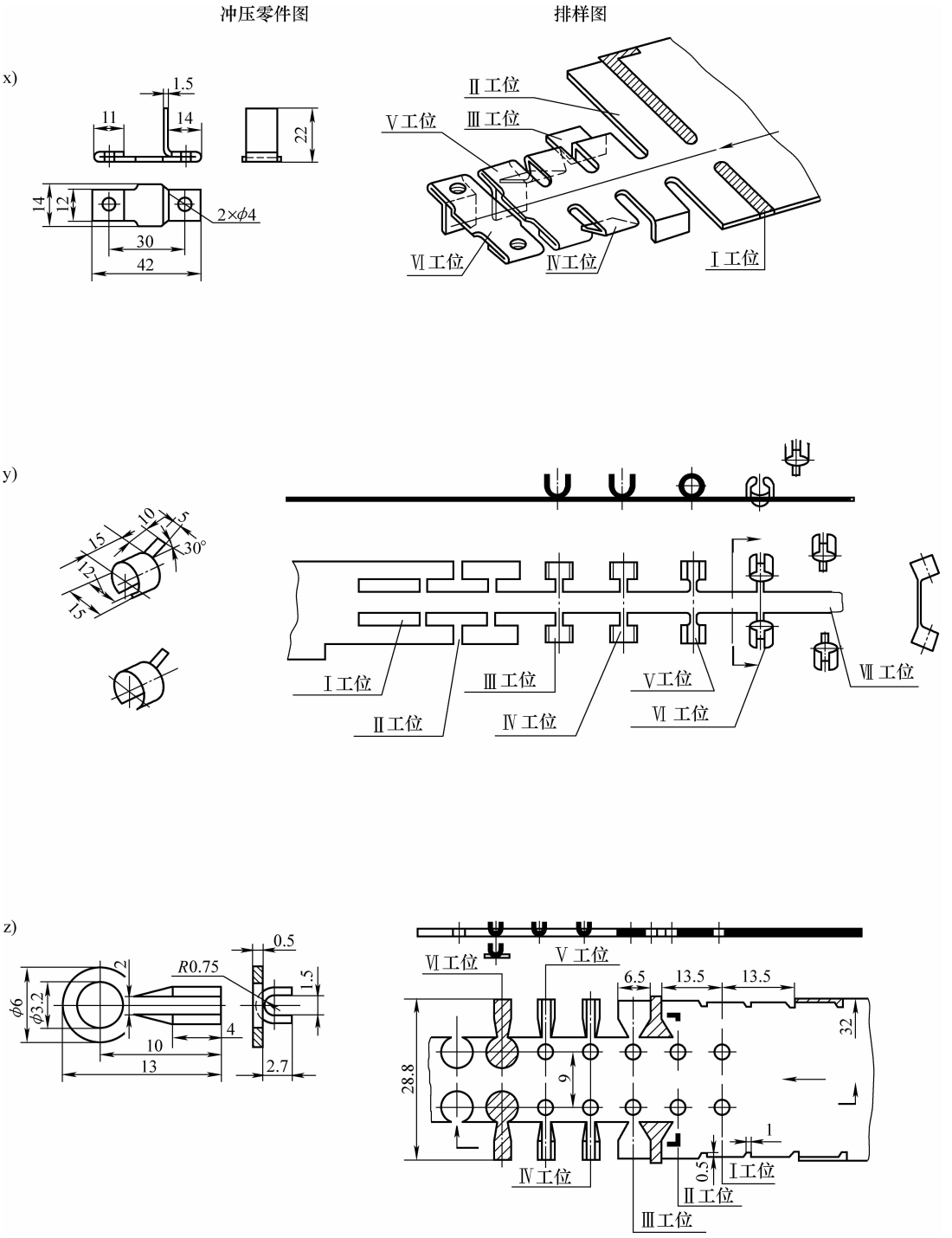


图 3-28　连续冲裁排样图设计Ⅰ（续四）

x）～z）沿边与搭边组合冲切排样

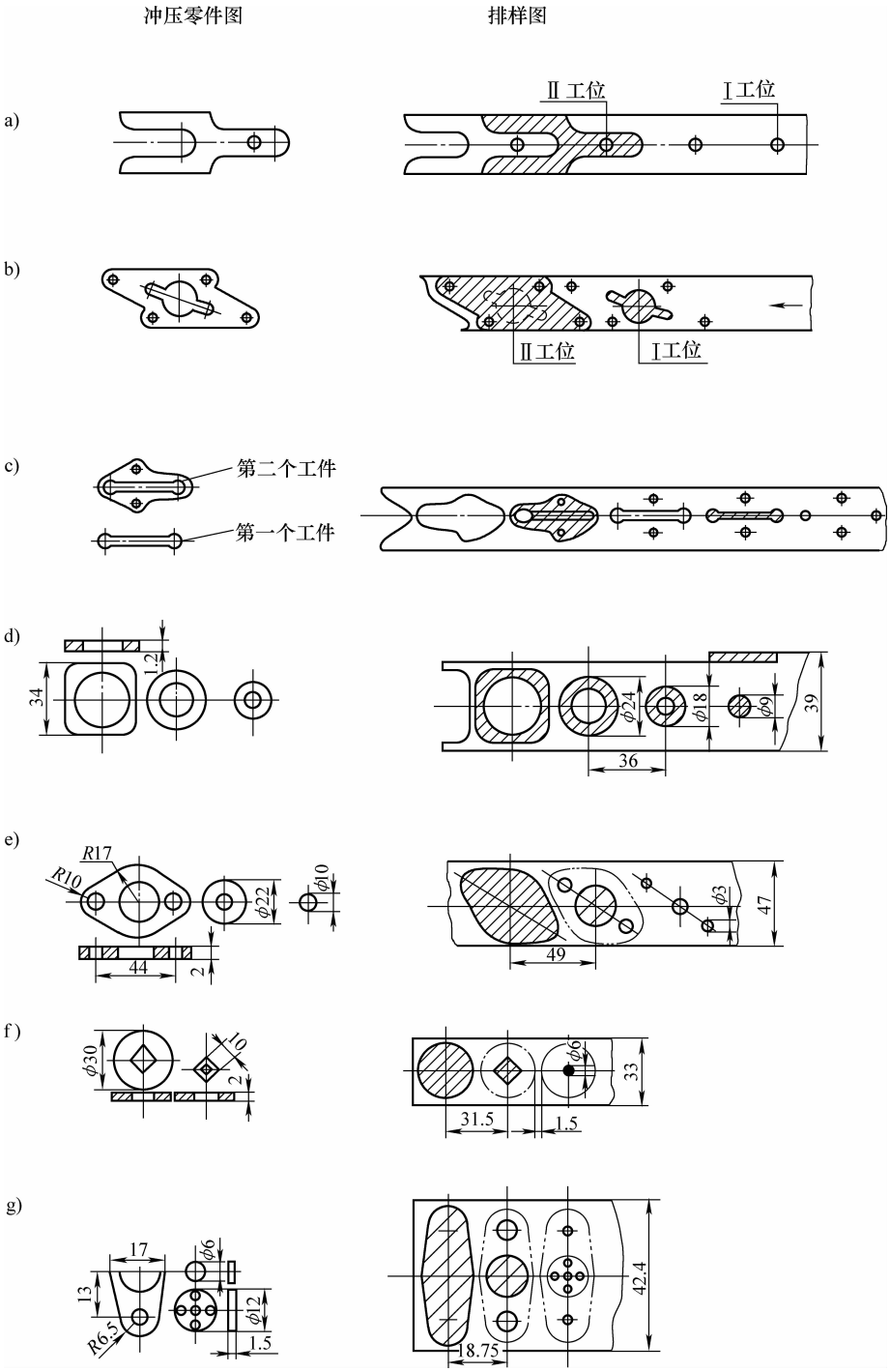


图 3-29　连续冲裁排样图设计Ⅱ

a）～g）套裁排样

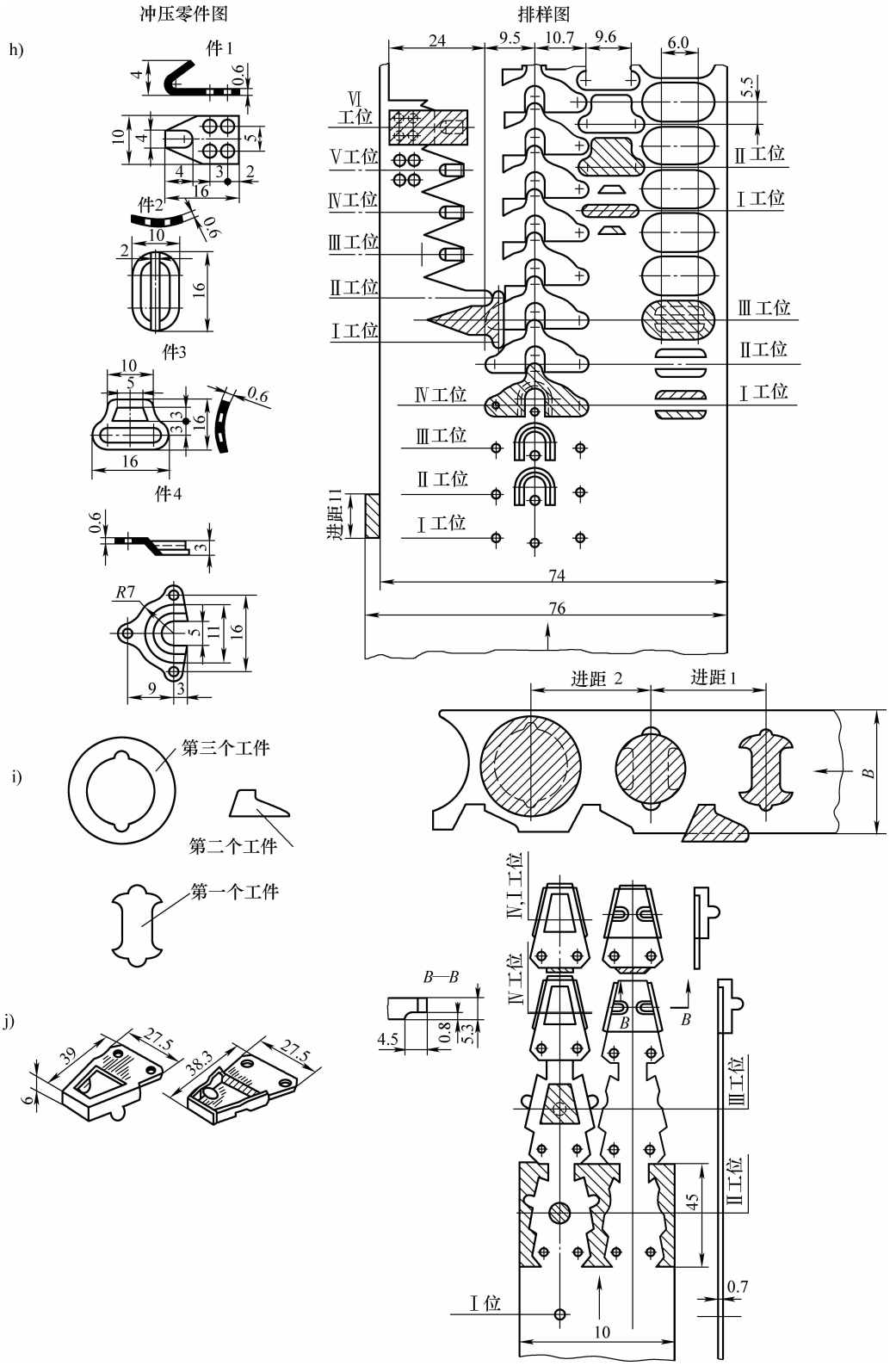


图 3-29　连续冲裁排样图设计Ⅱ（续一）

h）～j）拼裁排样

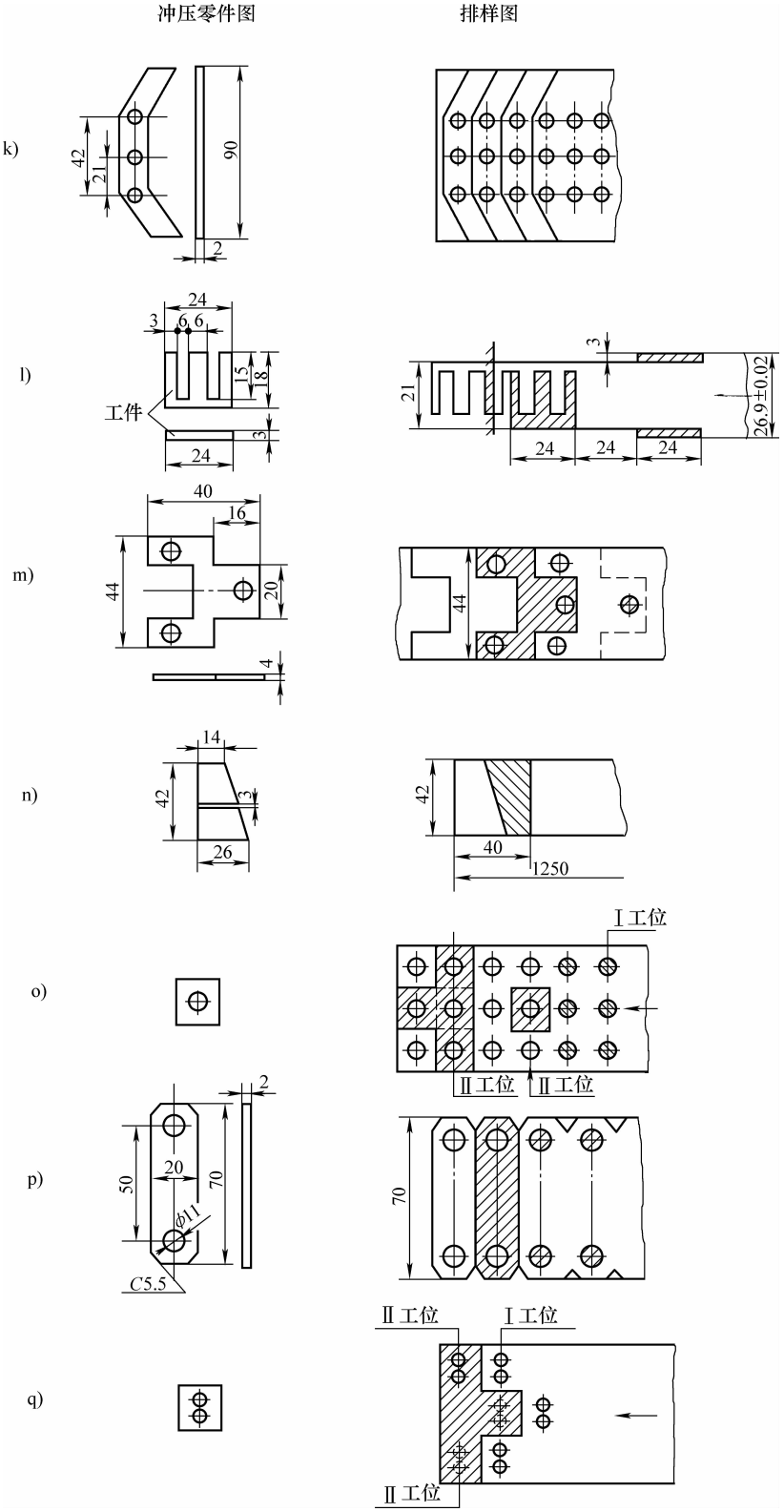


图 3-29　连续冲裁排样图设计Ⅱ（续二）

k）～q）无搭边排样

多数连续模送料方向是在一个平面上沿直线进行，各工位送料是用送进原材料携带。为此，只有将冲压工件一直保留在原材上，供各工位冲压加工，至加工完成后才从原材料上切断分离出模。用裁搭边法冲制的细长、多枝芽以及外廓多凸台与凹口的平板冲裁件，所用连续冲模一般都用这种连续冲裁方法。其结构的特点之一是，诸工位都在一个平面上且沿送进方向呈一直线布置。

而立体形冲压件一模成形用多工位连续复合模，多数将成形工位放在冲孔与外形分步冲切的工位间冲压，用送料携带工件至各位，其冲模的诸工位仍在一个平面呈直线布置，完成冲压件，最后从原材料上切断分离出模。但有些多向弯曲件、多种成形作业的复杂成形件，在用多工位连续模一模成形时，往往要用楔传动系统，实施横向冲压，大多在整体落料冲出展开毛坯后，由专门送料系统推送展开毛坯，到成形工位成形或弯曲或拉深。这类连续模工位呈 L 形布置，展开毛坯落料前，各工位均为冲裁加工，诸工位沿送料方向呈直线布置；展开毛坯落料后，诸成形工位与原材料送进方向呈一定角度，且大多与冲裁工位不在一个平面上。

3.4.4 连续冲裁模的结构设计要点

1. 连续冲裁模的类型及结构设计任务

连续模依工艺作业内容及其组合程度，即连续模诸冲压工步中，除分离作业的各种冲裁工步外，还有无诸如弯曲、拉深、翻边、扳边、卷边、卷圆、压印、压花、压波、打凸、打扁、沉孔、体积冲压等一个或几个变形作业的成形工步，以及这些工步的工位是单一冲压还是复合冲压，可将连续模从结构与工艺技术功能上划分成以下三种：

1）连续冲裁模——只有冲孔、落料等单工步冲裁工位的连续模。

2）连续复合冲裁模——含有一个以上复合冲裁工步（位）的连续冲裁模。

3）连续复合成形模——除冲裁工位外，还含有一个以上成形工步（位）的多工位连续模，也称连续式复合模。

连续冲裁模结构设计的主要依据如下：

1）冲裁件加工图样，或实物和立体成形冲压件的展开平毛坯图样。

2）冲压工艺文件，包括冲压工艺规程、冲压工艺流程图、冲压工艺方案、冲压工艺过程卡、冲裁件排样图、冲模设计任务书等。

连续冲裁模结构设计原始技术参数，例如，冲裁件尺寸及材料种类与料厚，以及要求冲压精度、对冲裁件质量的技术要求，包括允许毛刺高度、毛刺方向；冲切面表面粗糙度值、塌角大小等，均可从冲裁件加工图样上获得。

3）冲裁件投产批量及年总产量、交货期及交货方式、检验及验收文件与规范等。

连续冲裁模结构设计的主要内容如下：

（1）整体结构的策划、构思及设计

1）工艺方案对比与工艺参数复核，包括各工位冲裁力、总冲裁力、冲裁功、使用设备及其装模尺寸等。

2）工位设置及相关计算（沿边、搭边、进距、压力中心）。

3）工位间送进方式及选择。

4）定位系统设计及构成。

5）送料方式及节制送料方法。

6）冲模类型与结构形式。

（2）模芯及模具工作部分的设计与计算

1）凸模的结构形式及刃口形状与相关尺寸计算。

2）凹模的结构形式及刃口形状与相关尺寸计算。

3）导板、卸料板、固定板与凸、凹模匹配模孔尺寸与配合要求。

4）送料方式及工位间送进方法对送料进距误差的影响与控制。

5）定位系统与送料系统对模芯冲压精度的影响及小导柱的设置。

6）采用国家标准及机械行业标准中的冲模典型结构组合及规格。

2. 连续冲裁模的工位设置

带孔的平板冲裁件用连续冲裁模冲制，一般为冲孔、落料两个工位。只有在下述情况下，会在最后的落料工位之前增加冲孔、冲内型及空挡工位。

1）冲裁件内有密集群孔，或群孔围绕同一圆心，虽孔边距、孔壁都大于料厚，但孔径小。采用加粗冲孔凸模杆部的常规措施之后，如在一个工位上冲出全部群孔，凸模在固定板上的安装位置不够，凹模强度不足，必须增加冲孔工位，分次冲完群孔。如图 3-28h 所示排样图，增加了两个冲孔工位。

2）圆片形冲裁件，围绕中心孔在不大的圆周上均布多个扇形孔，孔壁厚度较小，这些孔分两工位冲出，见图 3-28e 排样图。

3）异形平板冲裁件，具有多个异形孔。小而形状复杂的小孔，需要多次拼切组合冲出，必须增加设置专门冲孔工位，见图 3-28f 排样图。

4）有带孔窄条、枝芽或异形槽孔等内形的异形平板冲裁件，槽孔壁厚小，必须分步依次冲切，故要增设多个冲孔、冲槽孔工位，见图 3-28d 排样图。

5）带孔的细长表针类冲裁件，往往采用裁搭边排样，其尖角部位细小，冲裁难度大，可放大搭边，设空挡工位，连续冲裁，见图 3-28j 排样图，或者将其难冲裁的尖头部位分步拼切后组合，见图 3-28m 排样图。

6）具有多窄条枝芽并带有孔、长槽且其壁厚小的异形薄料、超薄料冲裁件，如图 2-30 所示指针支片冲裁件，孔、槽必须依次分工步冲出，要增设冲孔工位。

7）对于内外形轮廓都很复杂或要求精度很高，需要在一个工位上复合冲裁，而在其内外廓壁厚上还有群孔需要冲制，在这种情况下，就采用冲孔之后内外形复合冲裁落料，见图 2-3、图 2-4。

3. 工位间送进方式的选择

连续冲裁模无论工位多少，多数情况下，诸工位都是沿送料方向、在同一平面呈直线排布。因此，其工位间送进方式为：

（1）直送法　原材料入模后依次直接送至各工位。对于最后工位进行整体落料的连续冲裁模，一般都采用这种方式，见图 3-28a ~ h 排样图。

（2）携带法　用送进原材料携带工件至各工位分步依次将工件内孔、外廓周边废料冲去，最后工位从原材料切断分离出工件，见图 3-28j、m、o、p 排样图。

虽然连续模的工位间送进方式还有多种方式，但对于连续冲裁模来说，大多采用这两种。

由于不同的工位间送进方式，不仅影响到模芯结构，特别是凸模与凹模冲裁刃口形状，同时与各工位的送料定位装置设计与选用密切相关，故应在冲模设计前期，在排样图设计中

就要给予考虑。

4. 考虑冲裁模送料定位系统构成及选择

设计连续冲裁模送料定位系统的依据如下：

1）冲裁件的材料种类、尺寸以及要求的冲压精度。

2）排样图、送料进距大小及其要求的送进精度。

3）原材料类型、状态及送料方式。

连续冲裁模送料系统构成及其选用见表 3-8。

表 3-8　连续冲裁模的送料定位系统及其选择

连续冲裁模的结构类型	送料定位系统构成		推荐使用范围			定位精度/mm	说明
	常规的	更高精度的	料厚 t/mm	料宽 B/mm	进距 S/mm		
无导向敞开式简单连续冲裁模	挡料销、挡料块	挡料销 + 导正销	1.5 ~ 10	250	不限	≥ ±0.5	板裁条料，手工送料
无导柱固定卸料连续冲裁模	始用挡料装置 + 固定挡料销	始用挡料装置 + 固定挡料销 + 导正销	1.5 ~ 10	200	80	±0.3	板裁条料，手工送料
导柱模架固定卸料连续冲裁模	始用挡料装置 + 固定挡料销；侧刃 + 导正销	始用挡料装置 + 固定挡料销 + 导正销；双侧刃 + 导正销 + 侧压装置	0.2 ~ 6.0	200	60 ~ 80	±0.15	也可用成形侧刃 + 工艺定位孔配导正销，提高定位精度至 ≥ ±0.04mm
固定卸料导板式连续冲裁模	始用挡料装置 + 固定挡料销；侧刃 + 导正销	始用挡料装置 + 固定挡料销 + 导正销 + 侧压装置；侧刃 + 导正销 + 侧压装置	0.2 ~ 6.0	200	60 ~ 80	±0.15	也可用成形侧刃 + 工艺定位孔配导正销，提高定位精度至 ≥ ±0.04mm
导柱模架弹压卸料连续冲裁模	始用挡料装置 + 固定挡料销；工艺定位孔 + 导正销；侧刃 + 导正销	始用挡料装置 + 固定挡料销 + 导正销；工艺定位孔 + 导正销 + 侧刃 + 侧压装置	0.1 ~ 2	160	60	±0.040	用通用送料装置控制送料进距 S，可省去定位系统
导柱模架弹压卸料导板式连续冲裁模	始用挡料装置 + 固定挡料销 + 导正销；工艺定位孔 + 导正销 + 侧刃	始用挡料装置 + 固定挡料销 + 导正销；工艺定位孔 + 导正销 + 双侧刃 + 侧压装置	0.05 ~ 1.5	160	60	±0.020	用通用送料装置控制送料进距 S，可省去定位系统
滚珠导柱模架弹压卸料导板式连续冲裁模（特殊结构、高精度连续冲裁模）	侧刃 + 工艺定位孔 + 导正销	侧刃 + 导正销；工艺定位孔 + 导正销 + 双侧刃 + 侧压装置	0.05 ~ 1.0	160	< 60	±0.002	用通用送料装置控制送料进距 S，可省去定位系统

5. 连续冲裁模送料定位系统的结构设计

在通常大量生产的情况下，送料系统的设计要考虑如下问题：

（1）原材料类型　板裁条料广泛用于中小型冲裁件成批和大量生产，但只能手工送料；

带料和卷料适于料厚 $t<2$mm 的中小型冲裁件大量生产，可以自动送料。当配用通用自动送料装置时，可用送料装置控制送料进距，不用在冲模上安装送料定位系统。

（2）送料方式　以固定挡料销与始用挡料装置构成的送料系统，多用于手工送料，大多用板材条料或带料。送料至固定挡料销必须将材料抬起，越过挡料销才能靠搭边挡料定位。增加导正销可校准送至落料工位的进距 S，从而提高冲裁件内孔（形）与其外廓的同轴度。

用侧刃切边定位，既适于手工送料，更适合自动送料，送进原材料只用贴着凹模表面，紧靠导料板送进，生产率高。

（3）冲裁料厚 t　以固定挡料销（块、板）为主的送料定位系统，适于料厚 $t>0.5$mm 的金属板料；以侧刃切边定位为主的送料定位系统，适于料厚 $t=0.05\sim1.5$mm 的薄料与超薄料切边定位。

（4）选择侧刃　JB/T 7648.1—2008 冲模侧刃标准中，给定三种断面形状的侧刃：矩形、角形与凹形，并各有平头、有导头的两大类，总计有 6 种结构形式，见图 3-30a。该标准给定这些侧刃的切边长度为：$L_{侧}=5.2\sim40.2$mm。因为侧刃切边长度等于送料进距 S，再加上 0.05～0.1mm，即 $L_{侧}=S+(0.05+0.1)$mm，故标准侧刃只适于小进距送料的薄料小冲裁件。现场使用的侧刃，经常超过标准规定的最大切边长度 40.2mm，$L_{侧}>60\sim80$mm 的各种形式的侧刃并不罕见。

侧刃切除料边宽很小，肯定形成单边冲切，只能获取送料定距切口，故在冲切时必然有侧向偏载产生，选用有导向头的侧刃就可平衡其偏载，避免影响侧刃纵向稳定。

矩形断面侧刃在刃口磨钝后，会首先在材料切口深处的角部产生毛刺，必然影响送料进距 S 的精度。为此，选用角形与凹形侧刃，会避免这个缺陷产生的危害。推荐对送料进距精度要求更高的高精度冲裁件，用连续冲裁模，选用角式或凹式侧刃。

在送料进距的沿边上有非直线轮廓甚至复杂的冲切外形，通常要用侧边凸模刃口冲切。当这一段冲裁轮廓沿送料方向，在材料上所占的长度等于进距 S 时，可用侧边凸模取代标准侧刃，使其兼有定距限位的双重作用，变成通常所说的成形侧刃。

（5）导正销　正确选用结构合理而适宜的导正销，可以使送料进距误差减小。正常情况下采用图 3-31 所示各种结构形式的导正销，可校准送料进距 S 的偏差 $\leqslant\pm0.04$mm。导正销的工作高度及间隙见表 3-9。

（6）排样方式与送料进距对设计定位系统的影响　对于非单列直排排样的冲裁件，包括斜排、对头直排与斜排、反身冲排样、多列参错排样以及多件拼裁排样等，送料进距 S 值，要根据冲裁件相关尺寸及搭边与沿边大小，进行常规的计算。而 S 值大小，影响到送料定位系统的设计与选择：

1）进距 $S<5.2$mm 及 $S>40.2$mm 无标准侧刃可选，只能设计非标准侧刃或改选标准固定挡料销。

2）当进距 S 很小，或因采用多件拼裁、冲裁件形状复杂及排样密集，甚至无搭边但有沿边等情况下，只好采用侧刃，包括非标准侧刃、成形侧刃。

3）超过三工位的高精度冲裁件，在沿边或结构废料上，设工艺定位孔并配导正销，控制送料进距精度，是一种值得推荐的方法。

由于连续冲裁模相当于同等冲孔与落料单工序冲裁模组合在一套冲模上，其凸、凹模刃口尺寸的计算、卸料系统的设计，都与单工序冲裁模无别。多工位连续复合冲裁模的复合冲裁工位则与单工位复合冲裁模设计相同，可参阅图 2-3、图 2-4。

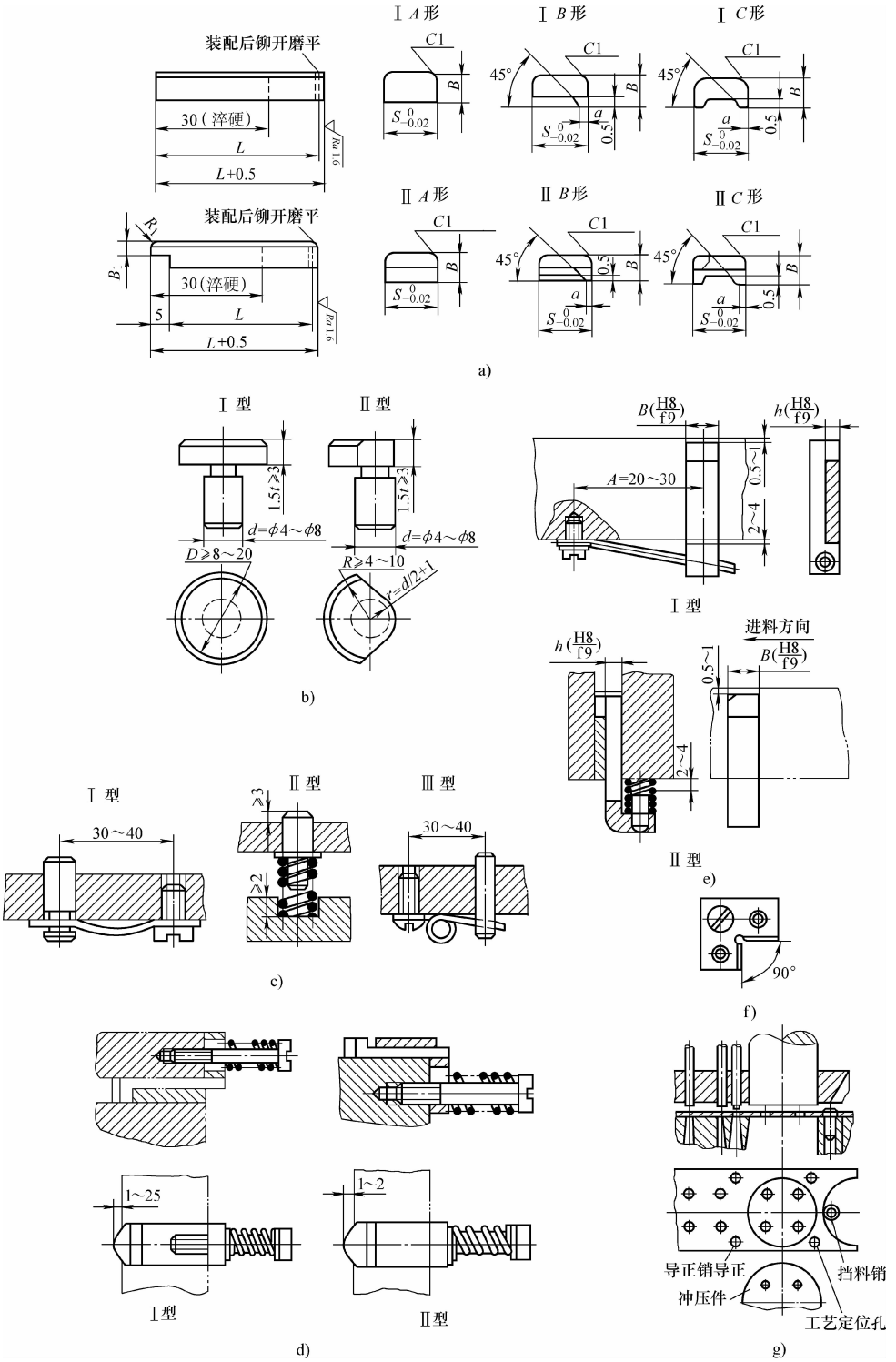


图 3-30　标准侧刃与标准定位装置

a）侧刃（JB/T 7648.1—2008）　b）固定挡料销常见结构形式（JB/T 7649.10—2008）

c）活动挡料销（JB/T 7649.6～9—2008）　d）推荐采用的弹簧侧压装置结构形式（JB/T 7649.3—2008）

e）常用的两种始用挡料装置结构形式（JB/T 7649.1—2008）　f）定位板　g）工艺定位孔

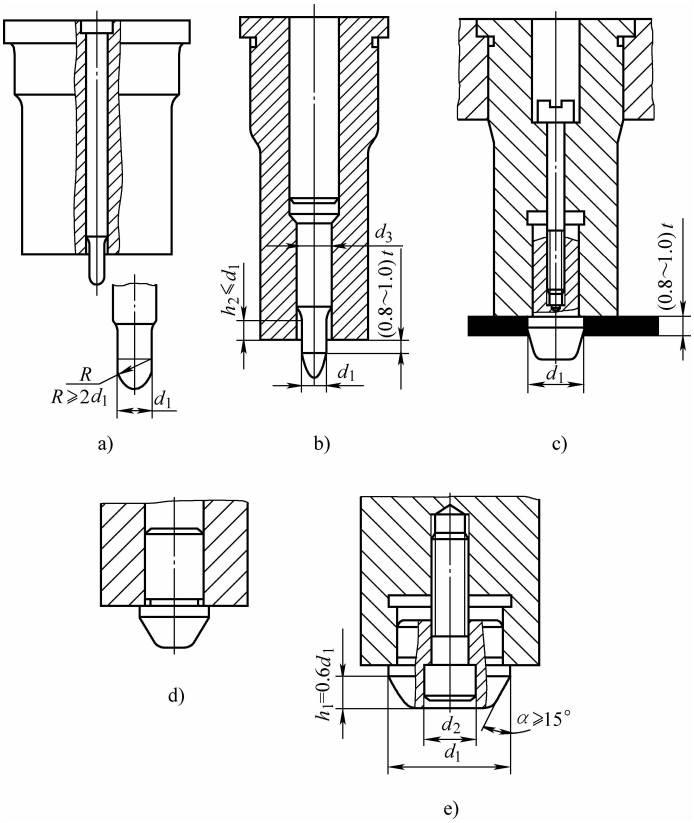


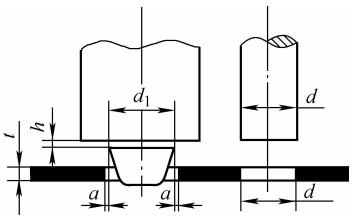
图 3-31　导正销的结构形式

a）用于 $d \leqslant 5$mm 的孔导正　b）用于 $d > 5 \sim 10$mm 的孔导正

c）用于 $d > 10 \sim 20$mm 的孔导正　d）用于 $d > 10 \sim 15$mm 的孔导正

e）用于 $d > 20$mm 的孔导正

表 3-9　导正销的工作高度及间隙



冲压零件材料厚度 t/mm	欲导正孔径（冲孔凸模直径）d/mm					
	≤5	>5 ~ 10	>10 ~ 15	>15 ~ 20	>20 ~ 30	>30 ~ 50
	$2a$/mm					
≤1.5	0.04	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09
>1.5 ~ 3.0	0.05	0.07	0.08	0.09	0.09	0.10
>3.0 ~ 4.75	0.06	0.08	0.10	0.11	0.12	0.15
	h/mm					
≤1.5	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5
>1.5 ~ 3.0	>1.2 ~ 1.5	>1.2 ~ 1.8	1.2 ~ 2.4	1.3 ~ 2.5	1.5 ~ 3	1.6 ~ 3.2
>3.0 ~ 4.75	1.5 ~ 2	1.8 ~ 2.5	2.4 ~ 3	2.5 ~ 3.5	3 ~ 4	3.2 ~ 4.5

3.4.5　连续冲裁模典型结构设计分析

1. 无导向固定卸料结构的连续冲裁模

实例 1

图 3-32 所示为卡板无导向连续冲裁模，该冲模采用了无导向装置、用固定卸料板的简单结构。该冲模的送料定位系统由固定挡料销 12，配导正销 9 和始用挡料装置 19。卸料板 10 用六角螺钉 15，通过导料板 11，固定在凹模 13 上。该工件采用板裁条料手工送料进行冲压。

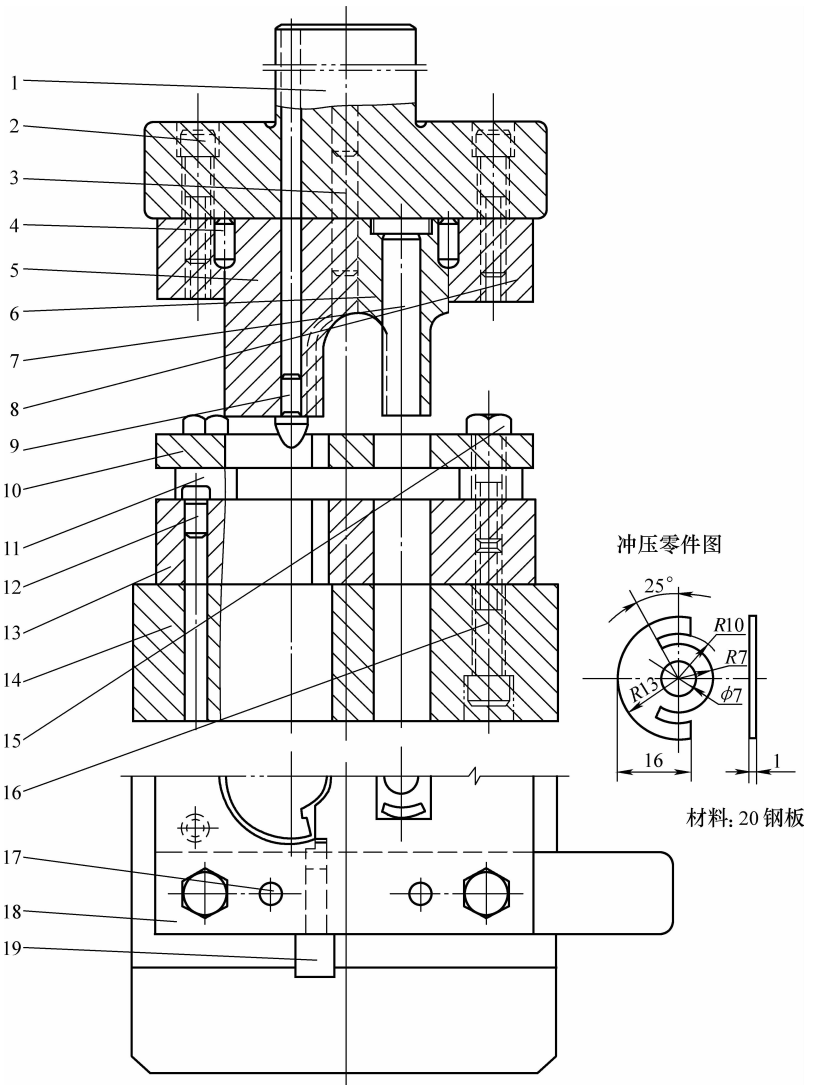


图 3-32　卡板无导向连续冲裁模

1—带模柄上座　2、15、16—螺钉　3、4、17—销钉　5、6—凸模　7—凸模嵌件　8—固定板　9—导正销　10、18—卸料板　11—导料板　12—固定挡料销　13—凹模　14—下座　19—始用挡料装置

该冲模在结构上有以下特点：

1）模柄与上模座合为一体，制造起来加工简单。

2）模座厚实、强度大，不用垫板，直接与固定板连接。

3）冲孔与落料凸模杆部都加粗成圆形，加工方便，固定端加了防转动的止动销。如果用电火花线切割加工，采用直通式加工更方便。

4）用始用挡料装置控制每根条料首件不报废；用导正销校准落料工位的送料进距，保证了工件内孔与外廓同轴度高。

实例 2

图 3-33 所示为角板少废料连续冲裁模。

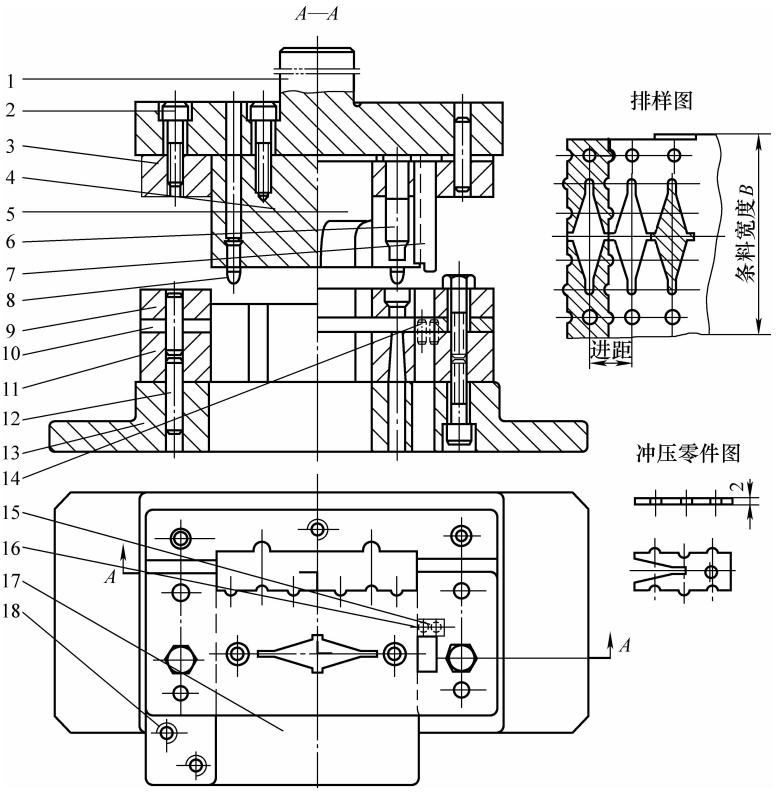


图 3-33　角板少废料连续冲裁模

1—带模柄上座　2、18—螺钉　3—固定板　4—落料凸模　5、6—冲孔凸模　7—侧刃
8—导正销　9—卸料板　10—导料板　11—凹模　12、14、16—销钉　13—下座　15—侧刃挡块　17—承料板

冲裁件采用双列对排无搭边排样。其送料定位系统，与图 3-32 不同，而是采用矩形有导向头的标准侧刃件 7。它与侧刃挡块件 15 组成的定距侧刃组，控制送料进距。该模具也采用板裁条料，手工送料进行冲压。由于其送料不用抬起，可以连续（压力机连闸）不间断冲压，加上一次冲两件，其生产率要比图 3-32冲模高 2 倍以上。

该冲模在结构设计上有以下几点值得注意：

1）双列对排无搭边排样，不仅节省了板料，而且简化了冲模结构，使凸、凹的制作更为简便。

2）冲孔的第一工位与第三工位落料，实际上是单边剪截的刃口，相距太近，特别是因送料进距小，中间菱形孔刃口与剪裁刃口间壁厚过小，考虑增大凹模强度，加了一个空挡工位。

3）在第三工位落料凸模端面，设置两个导正销，确保落料进距精度。

2. 导柱模架固定卸料结构连续冲裁模

实例 3

图 3-34 所示为孔板与齿板两冲裁件拼裁排样少废料连续冲裁模。

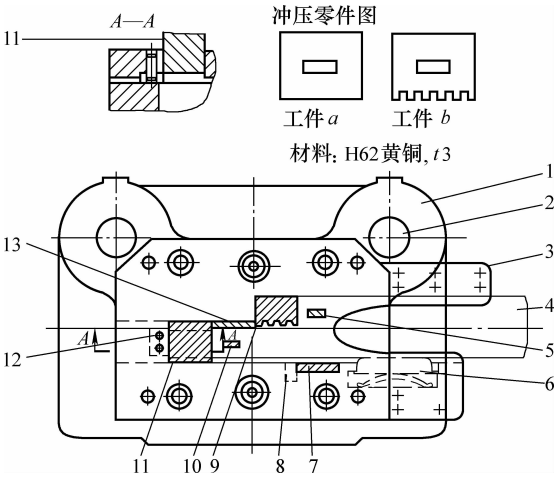


图 3-34　两种冲裁件拼裁排样少废料连续冲裁模

1—模座　2—导柱　3—导料板　4—原材料　5—冲矩形孔凸模　6—侧压装置　7—侧刃　8—侧刃挡块　9—冲裁件 b 落料凸模　10—冲裁件 a 冲矩形孔凸模　11—冲裁件 a 落料凸模　12—固定挡料块　13—裁边凸模

该冲模对两种冲裁件采用双列对排错开冲裁，从而实现无搭边少废料冲裁并且一模两件，生产率高，又节省了板料。

该冲模定位系统由矩形侧刃组与固定挡料块构成，配备了侧压装置。

冲压工艺安排为：冲齿板矩形孔、冲齿形落料、切齿形沿边并冲矩形孔、落料四个工步。

该冲模在结构设计上的特点如下：

1）两种冲裁件拼裁，既无搭边又无沿边，实现少废料冲裁并一模两件，达到优质高产。

2）定位系统采用了侧刃并配备侧压装置，定位精度更高。

3）落料凸模宽度大于料宽，仅进行单边或非封闭冲截，不受料宽偏差波动的影响。

4）只有结构废料而无工艺废料。

实例 4

图 3-35 所示是采用非标准成形侧刃的连续冲裁模。

该冲裁件采用单列直排有搭边排样连续冲裁。该冲模是采用标准对角导柱模架固定卸料板结构的三工位连续冲裁模。

该冲模在结构设计上的特点如下：

1）送料定位采用成形侧刃，使定位系统甚至整个冲模结构得以简化，趋于紧凑。

2）因为欲冲裁工件是一个具有群孔的长矩形冲裁件，故其送料进距 S 即为工件宽 $B_{件}$ 加上搭边宽 b，即 $S = B_{件} + b$。而冲压工艺安排为冲孔、落料两个工步。如按工步设置工位，则冲孔凹模刃口距落料凹模刃口间距太小，削弱了两工步的凹模强度。为此，在工步之间加了一个空挡工位，成为二工步三工位连续冲裁模。

3）送料进距 $S = B_{件} + b$，即工件宽度加上搭边宽。采用成形侧刃，冲切工件侧端槽口

提供了条件。

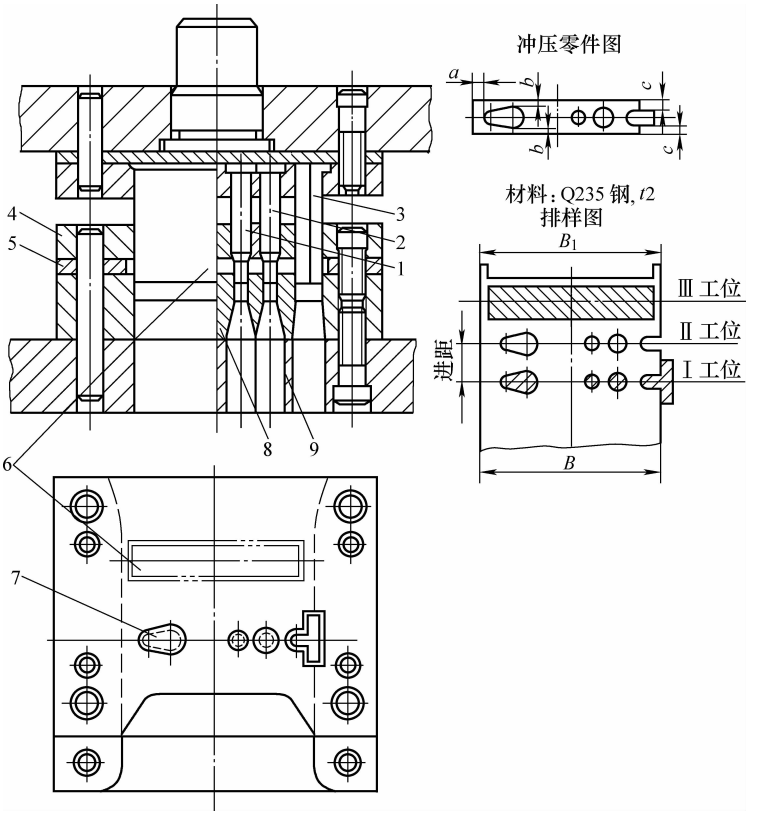


图 3-35　采用非标准成形侧刃的连续冲裁模

1、2—冲孔凸模　3—成形侧刃　4—卸料板　5—导料板　6—落料凸模　7—冲大孔凸模　8—凹模　9—模座

4）采用纵向送料，而工件宽度较小，为使长而窄的搭边框能顺利出模，在冲模导料槽出口，开成外斜 30°的喇叭口。

实例 5

图 3-36 所示为夹板无搭边排样连续冲裁模。

该冲裁件采用无搭边排样，可进行少废料冲裁。由于冲裁件是一个带孔正规矩形平板件，尺寸与几何精度要求不高，故考虑采用非封闭剪截冲裁，一模两件。每次送料按两个工件宽度送进，先冲孔而后双面剪截后边一件。落料时，一件从凹模洞口漏料出模，另一件由弹顶卸料器在凹模旁弹卸出模。

该冲模根据冲裁件料厚大，排样又属于无搭边，并进行剪截冲裁的实际情况，在结构设计上采取了如下措施：

1）冲裁件料厚 t 达 4.5mm，冲裁力大而集中，采用稳定性好、刚度大，抗连续冲击、抗疲劳能力好的加强型四导柱模架，导柱加粗，模座加厚。

2）凹模采用分工位镶拼及嵌装整体冲孔凹模镶块结构。冲孔凹模极易磨损，考虑修磨、更换方便，采用整镶块嵌装；模体大，分工位镶拼装入凹模框中，能节省大量模具钢。

3）剪截凹模为两直边刃口，由两拼块组合，形成一个宽度等于剪截件宽的凹模沟，长度方向每边长出工件 3 ~ 5mm，穿过模座，出件顺畅。

4）采用板裁条料冲压，为保证冲裁件尺寸精度，剪裁料宽取 $B_{料}=73_{-0.35}^{0}\,\text{mm}$，取导料

槽宽度 $B_{槽}=73.2^{+0.3}_{0}$mm；在剪截凸模上装了导正销，校准落料工位送料进距。

5）为使板裁条料送进顺畅，在冲模入料口的上下与左右均开出 50mm 长的外斜度 18°～20°喇叭口。

6）定位系统采用挡料块与始用挡料装置，使每根条料的首件也不报废。

7）为操作安全并消减噪声，装设了限位柱与防护栅。

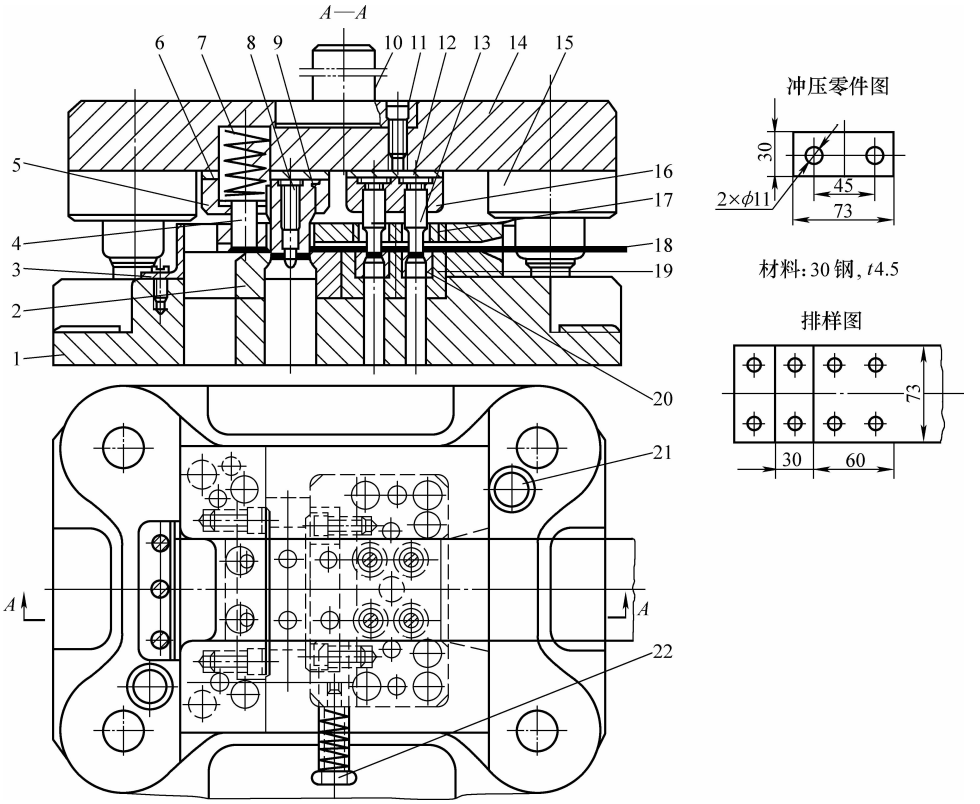


图 3-36　夹板无搭边排样连续冲裁模

1—下模座　2—剪截凹模　3—防护栅　4—弹顶卸件器　5、16—固定板　6—垫板　7—弹簧　8—导正销　9—落料（剪截）凸模　10—模柄　11—螺钉　12—垫板　13—冲孔凸模　14—上模座　15—导套　17—镶套　18—原材料　19—凹模拼块　20—嵌装镶块　21—限位柱　22—始用挡料装置

实例 6

图 3-37 所示为一套有搭边排样有废料冲裁的垫板固定卸料连续冲裁模。

虽然与图 3-36 冲模冲制的零件外形类似，但图 3-37 所示冲裁件，则采用了完全不同的排样方式与全然相异的冲模结构。除了因为本例的垫板冲裁件有较高尺寸精度要求外，冲裁件一端为 R12mm 的圆弧，中间两个 ϕ3.6mm 孔要攻螺纹，要求位置度和同轴度要好，以便下道工序加工。因此，在冲压工艺及冲模结构设计上采取了如下措施：

1）采用有搭边排样，提高冲裁精度。无搭边排样冲裁件一般精度较低，多数为 IT14 左右。比相同冲裁件有搭边排样低 2 级。

2）采用双列对排，一次冲出两件圆弧端，一致性好，互换性强，下一道工序装夹方便。

3）用矩形侧刃配导正销，控制送料进距，使其误差达到小于 ±0.15mm，可以满足冲裁件要求尺寸精度。

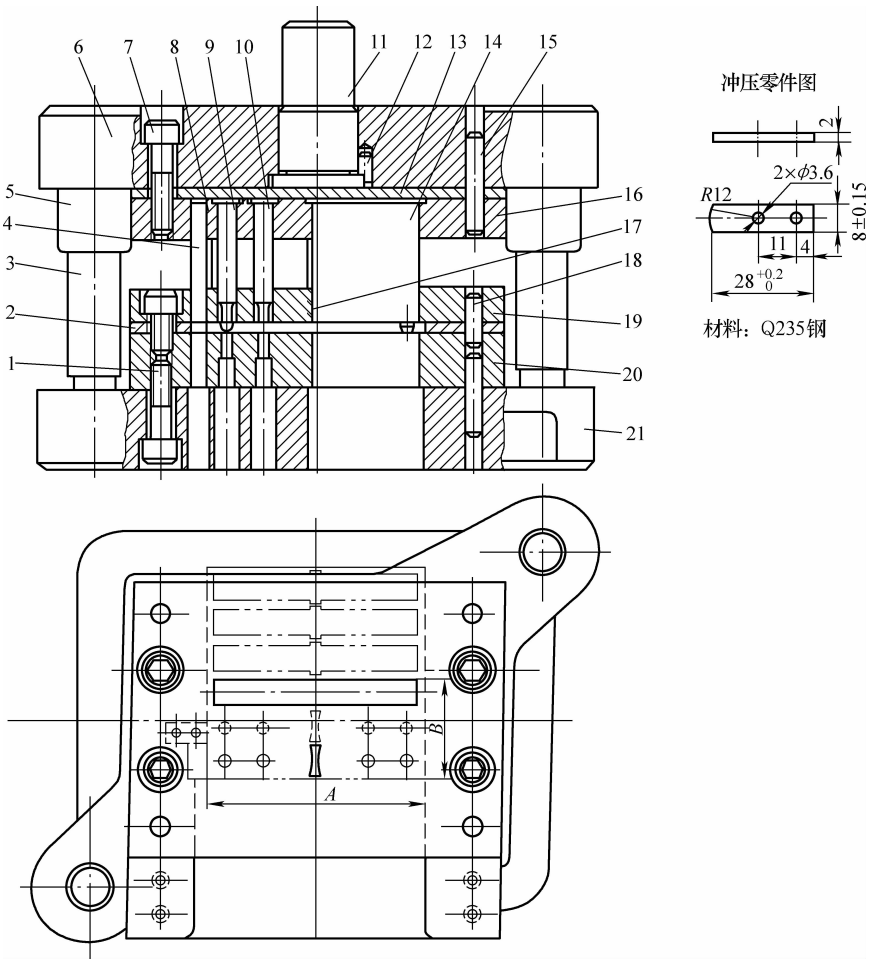


图 3-37　垫板固定卸料连续冲裁模

1、7—螺钉　2—导料板　3—导柱　4—侧刃　5—导套　6—上模座　8、13—垫板
9—导正销　10—冲孔凸模　11—模柄　12—止动销　14—落料凸模　15、18—销钉　16—固定板
17—冲圆弧凸模　19—卸料板　20—凹模　21—下模座

4）用导正销确保冲裁件内孔与外廓的同轴度，以及两孔间位置度偏差达到 ±0.04mm。

5）采用对角导柱模架固定卸料板结构，用加厚卸料板，并使加固的二台阶式冲孔凸模、导正销的加粗杆部与卸料板匹配模孔，具有更小的导向间隙，对凸模和导正销有更好的导向与横向支承作用。

3. 导柱模架弹压卸料连续冲裁模

这类连续冲裁模，多用于尺寸不大、料厚 $t<3$mm，要求平整且尺寸精度稍高的平板冲裁件。与导柱模架固定卸料结构连续冲裁模相比，这类冲裁模结构较复杂，制造技术要求较高。由于弹压卸料板靠弹性元件的压力，在冲裁之前将原材料压平在凹模表面，所以冲裁件平整，尺寸精度也高。但由于弹性元件，无论是压簧，还是硬橡胶体，受冲模许用安装空间的限制，故压力大小有限，当冲裁料厚大或材料强度大时，很难靠弹压卸料板压平而起到校平板料的作用。因此，不宜用这种冲模冲裁料厚 $t>3$mm 的中厚板及厚板。

实例 7

图 3-38 所示为一套方垫片少废料连续冲裁模。

该冲模冲裁件尺寸较小，但要求平整，产量大。为此，采用三列参错排样，有沿边而无搭边，既能高产，又能节省材料。

该冲模结构较简单，其特点如下：

1）采用了后侧导柱标准模架、纵向送料的结构形式。

2）定位系统设计了一个可调定位板，用于挡料定位，并可按需要前后调节。

3）为使条料冲裁后剩余的沿边废料顺利出模，在模具导料槽的出料口做出了外斜 15° 的出料斜口。

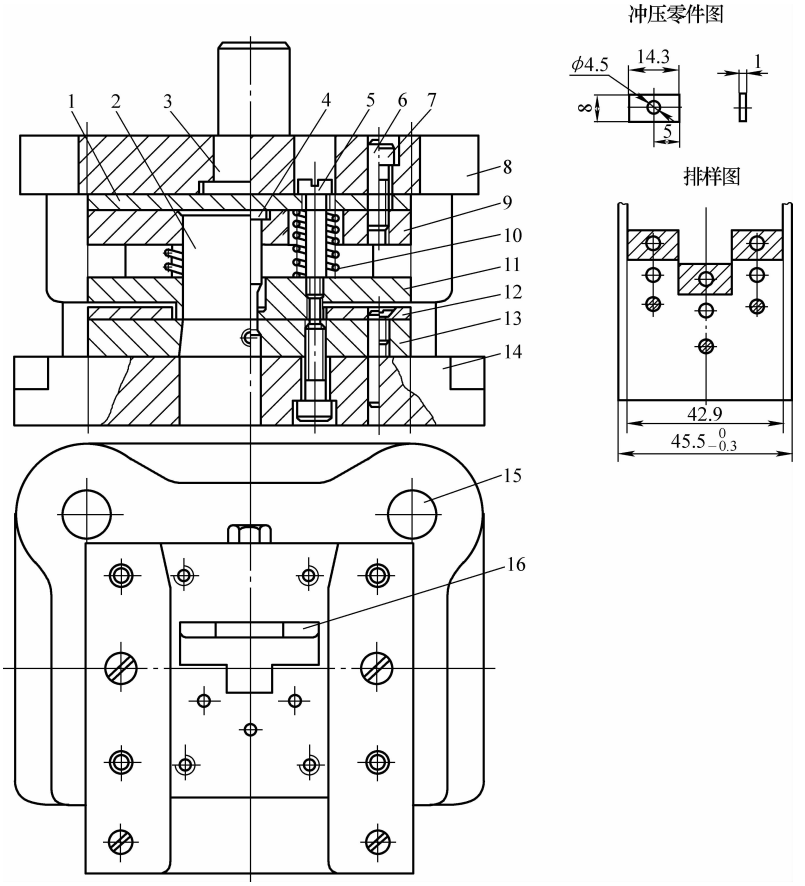


图 3-38　方垫片少废料连续冲裁模

1—垫板　2—落料凸模　3—模柄　4—冲孔凸模　5、7—螺钉　6—销钉　8—上模座　9—固定板　10—弹簧　11—卸料板　12—导料板　13—凹模　14—下模座　15—导柱　16—可调挡料定位板

实例 8

图 3-39 所示为连接板少废料连续冲裁模。

该冲模冲裁件两端有 *C*5 倒角，而且尺寸精度要求较高，特别是孔距为：40mm ± 0.1mm，长度为 $60^{-0.6}_{0}$mm，两个孔直径为 $\phi 9^{+0.3}_{0}$mm，要求平整。冲裁件宽度为自由公差。

该冲模结构设计，仍然在满足冲制件精度要求、确保质量优质的前提下，节省板料。因此，采用单列直排无搭边排样，但设计采用了成形侧刃，确保冲裁件两端冲裁形状与尺寸优良，并从严控制送料进距，使其在最后工位落料尺寸准确。

为了保证孔与外形同轴度，并满足两孔距 40mm ± 0. 1mm 的技术要求，设计采用了两只导正销，用来提高模芯，特别是冲孔凸模、凹模的制造精度，保证模具冲压精度。落料工位仅仅是单边剪截，只要将送料定距的成形侧刃制造公差，控制在 IT8，使其切边长度 $L_{侧}$ 的偏差在 ± 0. 035mm 之内，冲模的落料尺寸精度就没有问题了。

为了防止板裁条料宽度误差波动大，实际上用普通剪板机剪裁料厚 $t = 2$mm 的 45 钢板，料宽 $B_{料} = 63_{-0.3}^{0}$mm，有一定难度，故设计将沿边从 1. 2mm 放大至 1. 5mm。同时，在冲模的送料入口增加了侧压装置，使条料始终靠紧导料板的一侧送进，不会偏斜。

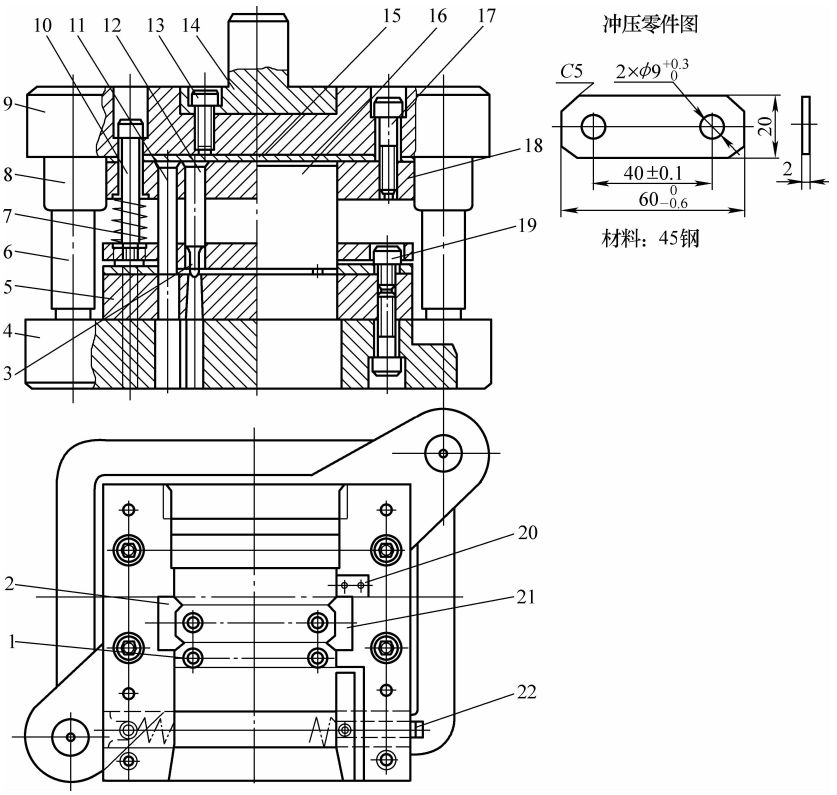


图 3-39　连接板少废料连续冲裁模

1—冲孔凸模　2、11、21—成形侧刃　3、12—导正销　4—下模座　5—凹模　6—导柱　7—弹簧
8—导套　9—上模座　10、13、17、19—螺钉　14—模柄　15—垫板
16—落料凸模　18—固定板　20—侧刃挡块　22—侧压装置

实例 9

图 3-40 所示为高精度引线超薄料连续冲裁模。

该冲模的冲裁件料厚仅 0. 15mm，而且是抗剪强度 $\tau_b \approx 250$MPa 的软料，采用 GB/T 16743—2010《冲裁间隙》给定的 I 类小间隙，其单边间隙 $C = 0.006$mm；该冲裁件尺寸小，是一个带群孔的平板冲裁件，有 9 个 ϕ1. 2mm 小圆孔，均布在 $R = 4.85$mm 的相对应的四分之一圆周线上。还有四个 11mm × 11mm 的大方孔均布于整个冲裁件边长为 28mm × 28mm 的正方形面积的四角，边壁均为 2mm，详见冲压零件图。复合冲裁工艺性极差，多序分模冲制则不可能，只有采用多工位连续冲裁模冲制。

根据以上对冲裁件的简略工艺分析，用多工位连续模冲制，要很好地解决如下问题：

1）冲裁间隙很小，$C=0.006$mm。在冲模结构设计上，应采取适当措施。

2）冲孔凸模刃口部分为 ϕ1.2mm，如何防止纵弯折断。

3）对于 9 个 ϕ1.2mm 圆孔和 4 个 11mm×11mm 方孔，如何分步冲裁并保证其位置度。

4）确定合理制模精度，以降低制模难度。

该冲裁件采用单列直排有搭边排样，冲裁模结构设计特点如下：

1）采用高精度 I 级滑动导向对角导柱模架、弹压卸料导板式结构。凸模固定板上装小异柱与弹压卸料板上的匹配小导套构成第二层精密导向系统。

2）9 个 ϕ1.2mm 圆孔、4 个 11mm×11mm 方孔以及中心 4mm×4mm 方孔，总共分三工位依次冲出，见排样图。

3）采用角形侧刃，其切边长度 $L=29.5$mm = 进距 S，偏差为 +0.05 ~ +0.1mm，按 IT8 制造。

4）ϕ1.2mm 小凸模加粗杆部为 $2d=\phi$2.4mm，刃口段长度 $L_{凸}=(5\sim8)d<10$mm。

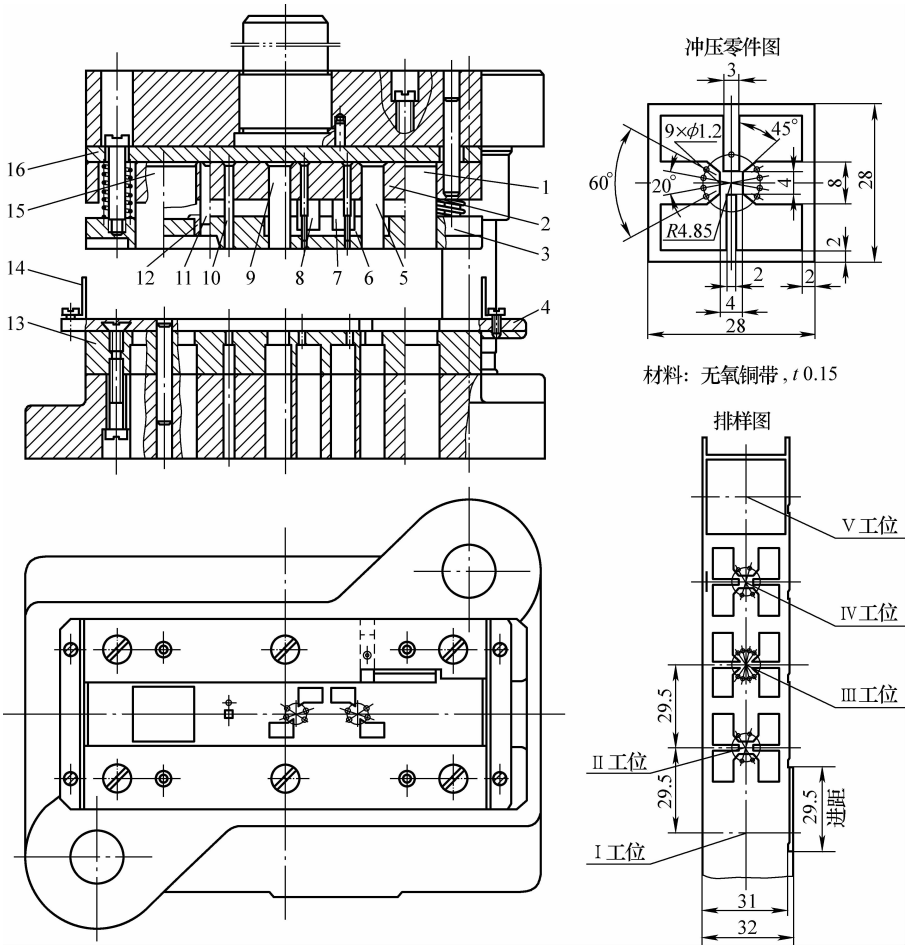


图 3-40　引线超薄料连续冲裁模

1—侧刃　2—固定板　3—卸料板　4—导料板　5、6、7、8、9、10—冲孔凸模
11—小导柱　12—小导套　13—凹模　14—防护栅　15—落料凸模　16—垫板

5）加厚凸模固定板、卸料板，使凸模固定段的长度大于总长度的 30%。卸料板的厚度约为凸模总长度的 30%。

6）卸料板与凸模匹配模孔按基轴制 h5/H6 配合加工，确保导向及对凸模的横向支承。

7）考虑安全防护，安装了防护栅。

实例 10

图 3-41 所示为接触片多工位连续冲裁模。

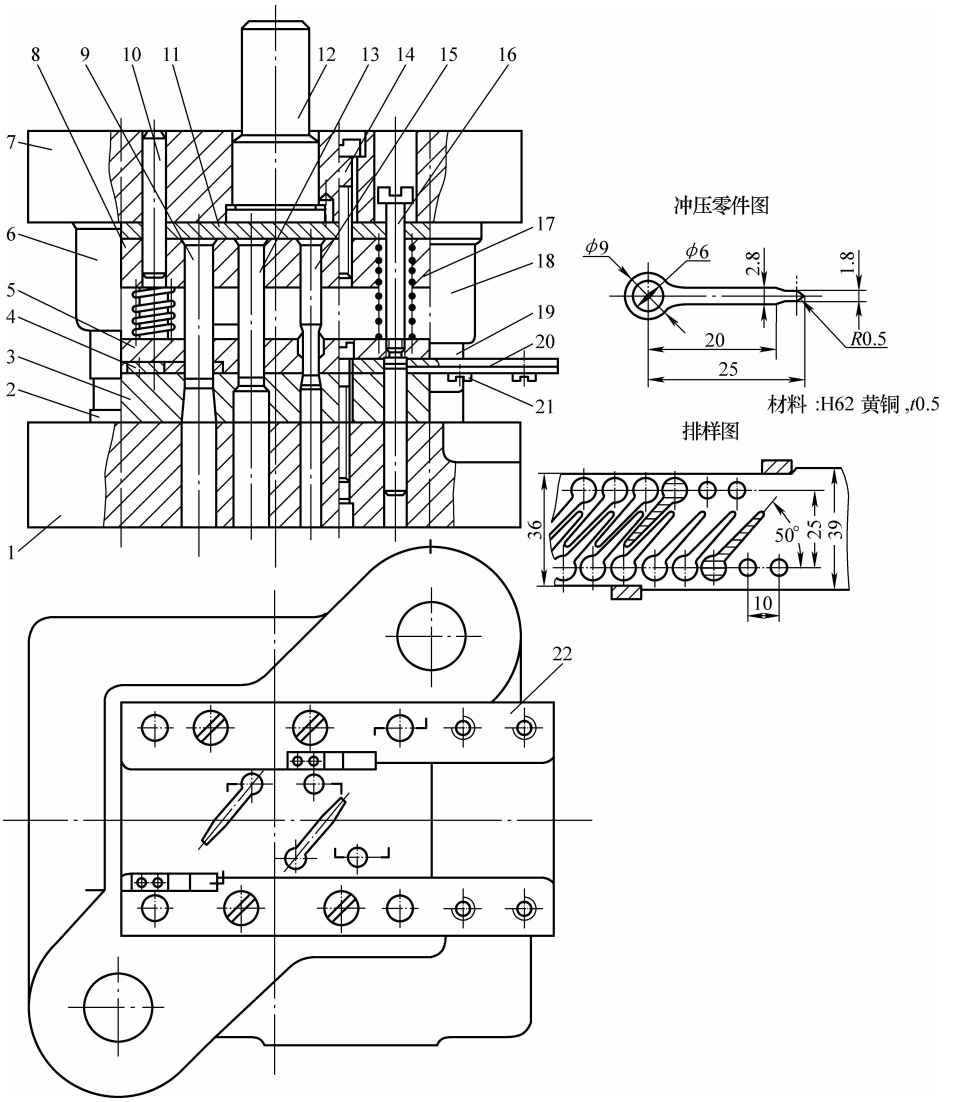


图 3-41　接触片多工位连续冲裁模

1—下模座　2—导柱　3—凹模　4—侧刃挡块　5—卸料板　6、19—导柱　7—上模座　8—固定板
9—侧刃　10—销钉　11—垫板　12—模柄　13—落料凸模　14、16、21—螺钉　15—冲孔凸模
17—弹簧　18—导套　20—承料板　22—导料板

冲裁件为料厚 $t=0.5$mm 的黄铜带。由于冲裁件形状为一个 ϕ9mm 大圆头，带一个宽仅 2.8mm，长达 20mm 的细长柄，采用单列直排有搭边排样，板料利用率很低；采用对头交错直排，中间结构废料不能获得充分利用；采用交错对头斜排，中间结构废料可得到充分利用，使材料利用率提高 5.5 个百分点，达到 72.3% 的较高水平。

该冲模在结构设计上具有以下特点：

1）采用双边侧刃，对送进材料进距进行控制，可使送料进距 S 的误差≤ ±0.15mm，确保了冲模的良好冲压精度。

2）由于采用双侧刃节制送料并控制进距，不仅简化了送料定位系统的构成与结构，同时，还可以采用较小的搭边与沿边，提高了板材利用率。

3）在工位布置上别具匠心：安排交错排样的对头两行各为一组，每组在原材料的一边，冲孔与落料工位间加一个空挡工位，成为四工步六工位的多工位连续冲裁模，既拉开了冲孔与落料凹模的距离，也使得两边两组各凹模刃口间有足够的壁厚。这种排布还使四个凸模均布于凸模固定板上，即便凸模加固而增大了固定端尺寸，固定板仍有充裕的安装位置。

4）该冲模的整体结构，选用了对角导柱模架、横向送料的标准典型结构形式，可选用原 JB/T 8066.2—1995 冷冲模弹压卸料横向送料典型组合进行相关结构设计，标准化与商品化程度较高。

实例 11

图 3-42 所示为六角螺母三列交错无搭边排样连续冲裁模。

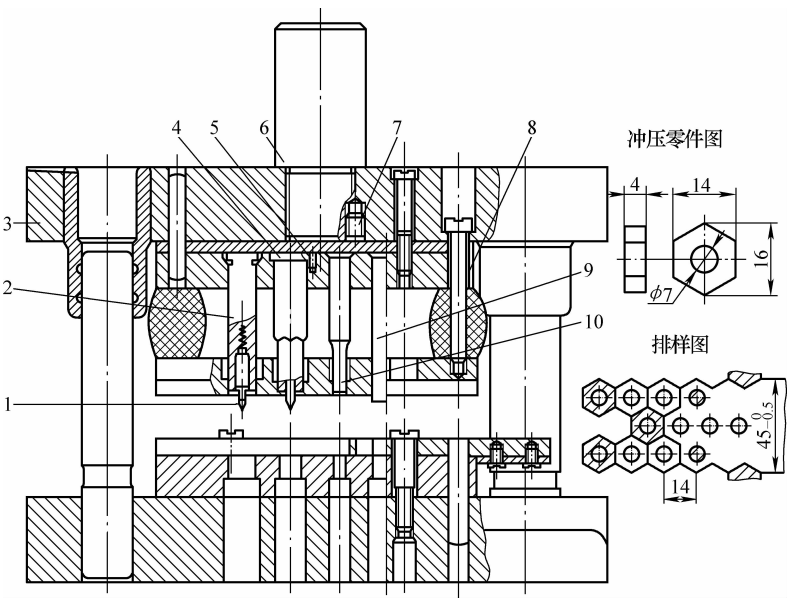


图 3-42　六角螺母三列交错无搭边排样连续冲裁模

1—导正销　2—落料凸模　3—上模座　4—落料凸模　5—止动销

6—模柄　7—紧定螺钉　8—固定板　9、10—冲孔凸模

该冲模是用板料冲制六角螺母的通用典型结构。料厚 t = 4mm，而且大多是用 Q235 或 30 钢热轧钢板的板裁条料冲制，冲裁件尺寸小、精度不高，采用弹压卸料可压平热轧钢板的剪裁扭曲不直度，更主要的是可以避免大于 3mm 厚度的中厚板在刚性（固定卸料板）卸料时发出的冲击噪声。该冲模采用成形侧刃与导正销配套，对送进条料进距 S 限位，并在落料之前用导正销校准定位，确保工件内孔与六角形外廓的同轴度，故不会出现偏心孔六角螺母。

实例 12

图 3-43 所示为挡板连续光洁冲裁模。

冲裁件尺寸精度要求高，其两个长孔的孔壁要求表面粗糙度 Ra≤1.6μm，对于 t = 2mm

的冲裁件，普通冲裁达不到。为此，决定采用微间隙圆刃口光洁冲裁解决。该零件的圆孔与外形对冲切面要求一般，可按普通冲裁考虑。但工件要求平整，平面度好。

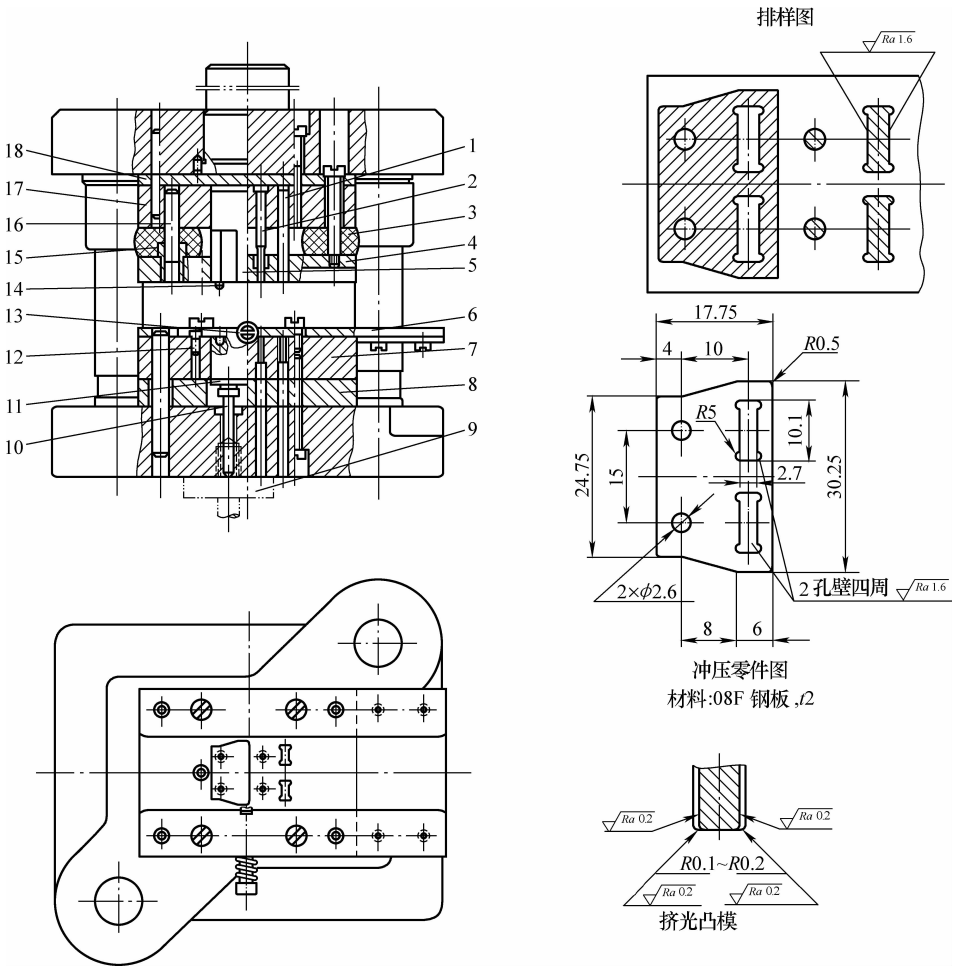


图 3-43　挡板连续光洁冲裁模

1—光洁冲孔凸模　2—冲小孔凸模　3—橡胶体　4—卸料板　5—落料凸模　6—导料板　7—凹模　8—垫板　9—弹顶器　10—顶杆　11—顶块　12—固定挡料销　13—始用挡料装置　14—导正销　15—小导套　16—小导柱　17—固定板　18—垫板

分析该冲裁件的冲裁工艺性可知：

1）长孔边缘最小壁厚 $b_{min} \leqslant 2mm$，与其料厚 t 相等，孔长 $L = 10.1mm$ 而且两孔并列。由于在分序多模加工中，冲长孔会使其边壁变形，以及在复合冲裁中，因凸凹模壁厚过于薄弱，缩短冲模寿命，因此，采用分工步先冲孔后落料，连续冲裁为宜。

2）在连续冲裁的冲孔工步中，冲两个长孔的凸模与凹模，冲裁间隙等按光洁冲裁设计，其余孔及落料，都按普通冲裁设计。

3）光洁冲裁的基本工艺参数：冲裁间隙 $C \leqslant 0.01mm$ 而与冲裁材料及其料厚无关；冲孔凸模刃口为小圆角刃口，取其圆角半径 $R = 0.1 \sim 0.2mm$。

4）为保证冲裁件孔与外廓的同轴度，在落料凸模上安装导正销，靠第一工位冲出的两圆孔校准送料进距 S，公差 $\leqslant 0.04mm$。

5）因使用板裁条料、手工送料冲压。冲模采用固定挡料销与始用挡料装置配套构成其送料定位系统。

6）为确保光洁冲裁凸模具有更准确导向，保持始终具有均匀一致的光洁冲孔间隙，在冲模的凸模固定板上装有一对小导柱，并与装在卸料板上的一对小导套匹配，构成模芯第二层精密导向系统。

7）冲两个 ϕ2.6mm 的小圆孔凸模要加粗杆部成二台阶式标准结构形式。

8）卸料板变成导板，对加固后的凸模，进行准确导向。其与凸模的匹配模孔，也做成台阶式，并按基轴制 h6/H7 配合要求加工。

9）冲裁件材料为 08F 钢板，适于光洁冲裁。一般光洁冲裁的冲切面表面粗糙度值 $Ra \leqslant 0.8\mu m$。加工中要给予适当润滑，效果更好。

10）采用下部弹顶压料冲裁和模上出件，确保冲裁件平整、平面度达到技术要求。

3.5 高精度仪表零件的整修与光洁冲裁

3.5.1 整修及落料—整修复合精冲

以外缘整修为例，将落料毛坯带塌角的较大尺寸一面，放在整修凹模上，利用其直壁锋利刃口，切去落料冲切面上一层金属，使冲裁件冲切面平直、光洁而平整，毛刺很小甚至无毛刺，冲裁件尺寸精度可达 IT7 甚至更高，加工面表面粗糙度值 $Ra = 0.1\mu m$ 或更小。

由于落料毛坯一面为凸模尺寸，另一端为凹模尺寸，两者尺寸之差为冲裁间隙 C。为了确保整修质量，除切去上述两尺寸差 C 之外，还要切去一个余量 Y。故总的单边修边余量 W 应为

$$W = C + Y \tag{3-3}$$

式中，C 为整修毛坯落料冲裁单边间隙（mm），可按工件材料、料厚以及技术与精度要求，查 GB/T 16743—2010《冲裁间隙》获得；Y 为整修附加余量（mm），按料厚值大小取 0.1～0.3mm，薄料取下限值。

图 3-44 所示曲线板落料—整修复合精冲模，采用无模架弹压卸料导板式结构，模具由多层模板重叠构成。制造时，可采用主凹模制模工艺，用线切割一次切割出凸模固定板、导板、落料凹模板、整修凹模板的相应模孔。切割时先将四模板按同一基准面叠齐，打出紧固孔和共同定位销孔，打上定位销，以确保其最佳同轴度。在线切割加工前，各模板按设计要求进行淬硬和调质处理后，一定要将表面清理干净并磨平，防止四块板叠齐后留有缝隙。四块模板均按整修凹模最小模孔尺寸加工，而后分别对凸模固定板、导板、落料凹模、整修凹模的模孔进行精加工，包括用成形磨、光学曲线磨或坐标磨或 CNC 坐标磨、连续轨迹坐标磨、CNC 连续轨迹坐标磨等精密磨削，而后再进行研磨抛光达到尺寸精度与表面粗糙度要求。落料凹模、整修凹模两块叠齐同时安装在下模座上，两者模孔均为直壁刃口，落料凹模刃口外要设整修废料排出槽。条料送入模，由固定挡料销挡料定位。上模下行先由弹压卸料板压紧条料，凸模由卸料板也是导板的模孔引导凸模，对准落料凹模，冲裁出毛坯并将毛坯向下推出落料模孔后，落在整修凹模上，凸模继续下行，整修凹模靠锋利刃口对毛坯整修。毛坯整修后被推入整修模孔，出了直壁刃口段之后，能落入机床台面下的零件箱中。

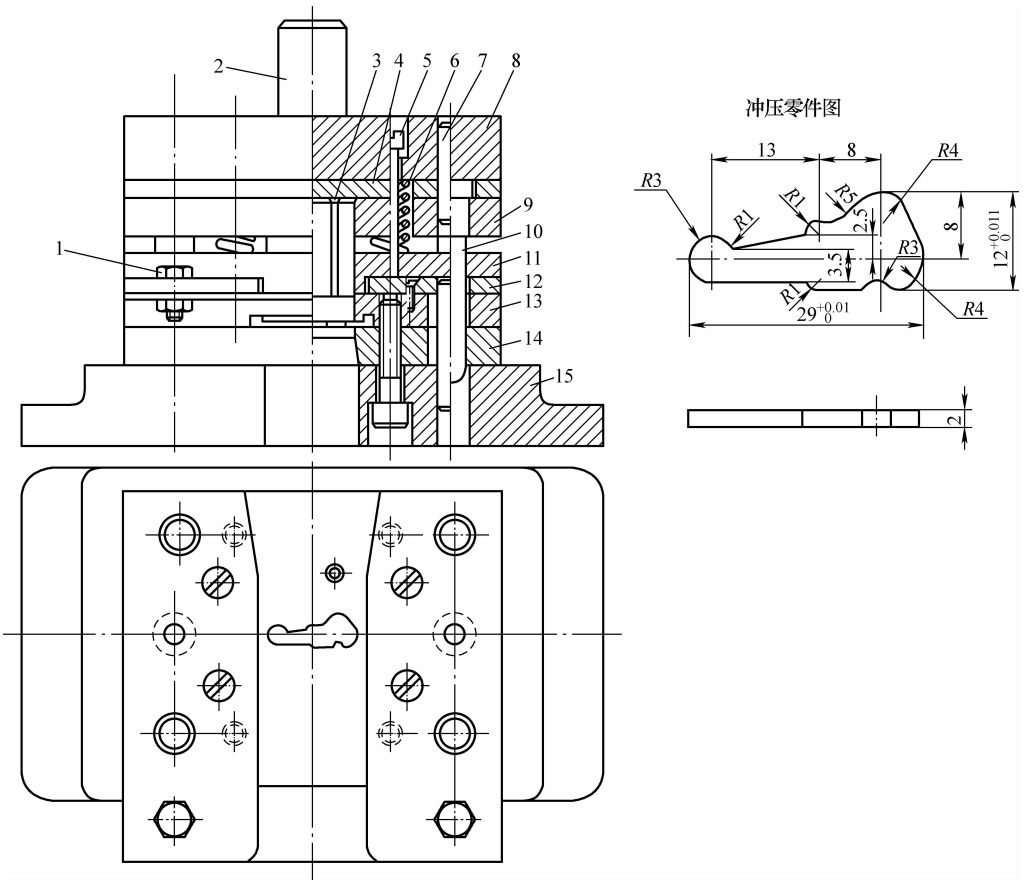


图 3-44　曲线板落料—整修复合精冲模

1、5—螺钉　2—模柄　3—凸模　4—垫板　6—弹簧　7—销钉　8—上座　9—固定板
10—导柱　11—弹压卸料板　12—导料板　13—落料凹模　14—整修凹模　15—下座

3.5.2　复合冲裁—整修与光洁冲孔复合精冲

料厚 t 为 2 ~ 3mm 的薄板与中厚板冲制的小尺寸仪表零件，外廓与内孔壁冲切面要求光洁、平整，尺寸精度要求通常高于 IT9，平面度误差小于 0.05mm/(100mm × 100mm)。该仪表零件可采用如图 3-45 所示落料—整修与光洁冲孔复合精冲模。该冲模结构与动作过程如下：

落料凹模 6、整修凹模 1 用内六角螺钉与圆柱销紧固在加厚的下模座上。待冲条料放在落料凹模 6 表面上，落料与整修凹模的外廓沿送出料两端，有弹顶托料板 2 装在下模座上。上模下行开始精冲前，弹压卸料板 5 将条料紧紧压在落料凹模 6 表面上，凸凹模 4 落料冲出毛坯，并将其推出落料凹模洞口，落在整修凹模刃口上。凸模继续下行完成工件的冲切面整修工作。与此同时，冲孔凸模 8 进行圆刃口微间隙光洁冲孔。上模完成精冲向上回程时，条料由弹顶托料板 2 顶起，两个带钩拉杆 9 接触杠杆 10，将精冲件及整修废料环一并从模腔中顶出。而后用压缩空气将精冲件与废料吹卸至零件箱。

落料毛坯的整修余量为 0.3 ~ 0.4mm；冲孔凸模的圆刃口取 $R \leqslant 0.2$mm 的圆角，冲孔间隙（单边）$C < 0.01$mm，与料厚无关。落料凹模采用外斜 0.5° ~ 1°的斜壁，使落料毛坯受压缩进入其凹模洞口，以利于提高冲切面质量。

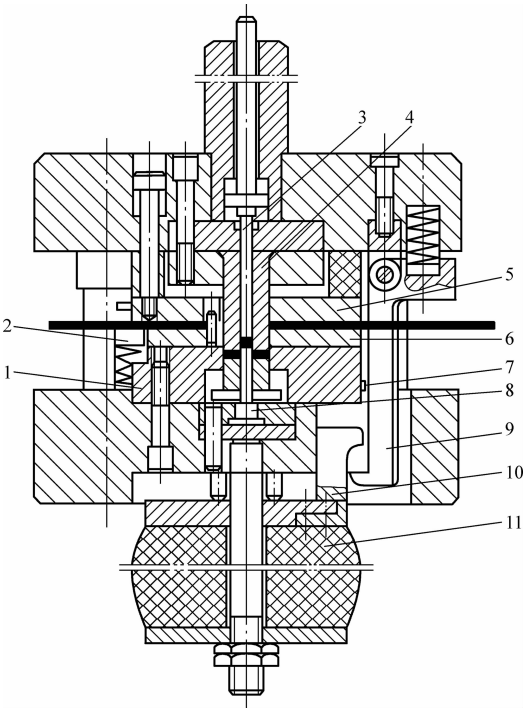


图 3-45　仪表零件顺装结构落料—整修与光洁冲孔复合精冲模典型结构
1—整修凹模　2—弹顶托料板　3—卸料杆　4—凸凹模　5—弹压卸料板　6—落料凹模
7—限位挡块　8—冲孔凸模　9—带钩拉杆　10—接触杠杆　11—橡胶体

3.5.3　薄料小零件的落料与整修复合精冲

料厚 $t<3$mm 的薄板冲制的小尺寸仪表零件，外形复杂，带尖角、齿形、小的凸台与凹口等形状，尺寸精度要求 IT8 以上，冲切面要求光洁平整并垂直，而又不允许有毛刺，可采用图 3-46 所示的倒装结构落料—整修复合精冲模。该冲模的结构与动作过程如下：

该精冲模采用加强型、高精度滑动导向导柱模架，上下模座均加厚并加粗导柱，提高模架刚度，使模具在工作过程中产生的弹性变形很小，可以忽略其对模具冲压精度的影响。

与图 3-45 所示的顺装结构落料—整修复合精冲模相比，该冲模的落料凹模 6、整修凹模 5 及冲孔凸模 4，均用内六角螺钉，圆柱销安装在上模座上，弹压卸料板及凸凹模则装在下模座上。在落料凹模与整修凹模之间沿冲压方向留有（0.3～0.5）t 的缝隙，并在落料刃口外大于 0.3mm 处装有整修废料切刀 1，还设有带斜坡的整修废料排出沟槽。整修废料切断后逐件推卸自动沿废料排出槽滑落出模。落料凹模口设有 0.5°的外倾斜度，使落料毛坯在落料后进入凹模洞口，处于三向受压的状态。

冲孔凸模 4 与凸凹模 7 的内孔（冲孔凹模）之间采

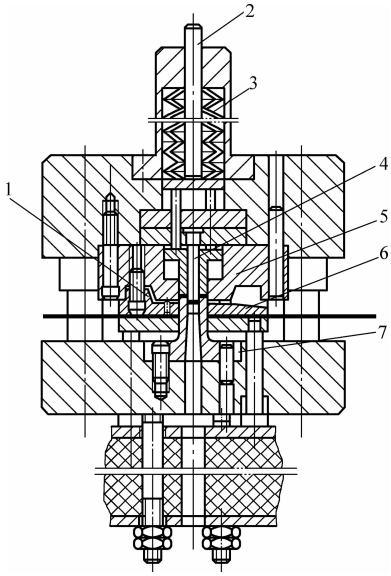


图 3-46　仪表零件倒装结构落料—整修复合精冲模典型结构
1—整修废料切刀　2—推杆　3—碟簧组
4—冲孔凸模　5—整修凹模
6—落料凹模　7—凸凹模

取小于0.01mm（单边）微间隙，凸模采用$R\leqslant0.2$mm的圆刃口，实施光洁冲裁。冲孔凸模的长度控制在落料后，并在整修过程开始的同时冲孔。

碟簧组3会防止毛坯弯曲，推杆2会在上模回程后推卸精冲件出模。

3.5.4　复合冲裁件的复合光洁冲裁

图3-47所示为复合光洁冲裁模的典型结构。对于料厚$t\geqslant1$mm、尺寸精度高于IT10，内孔与外廓冲切面都要求光洁平整，且其垂直度误差$\leqslant0.5°$的精密仪表零件，推荐采用图3-47所示复合光洁冲裁模实施精冲。该冲模的结构及精冲原理与过程如下：

该冲模为适应光洁冲裁所必需的大压力承载，采用加粗导柱与加厚上下模座的高精度加强型滑动导向模架。其模芯整体结构采用倒装式；光洁落料凹模8、冲孔凸模6和7都装在上模；凸凹模9、弹压卸料板3都装在下模。

落料凹模采用0.5°斜壁，刃口具有$R\leqslant0.2$mm小圆角，采用单边间隙$\leqslant0.01$mm且与料厚无关的微间隙，实施光洁冲裁；冲孔凹模孔，采用锋利直壁洞口，而冲孔凸模刃口要具有$R\leqslant0.2$mm小圆角，单边冲孔间隙取$\leqslant0.01$mm。其冲压动作过程与倒装结构普通复合冲裁模无别。

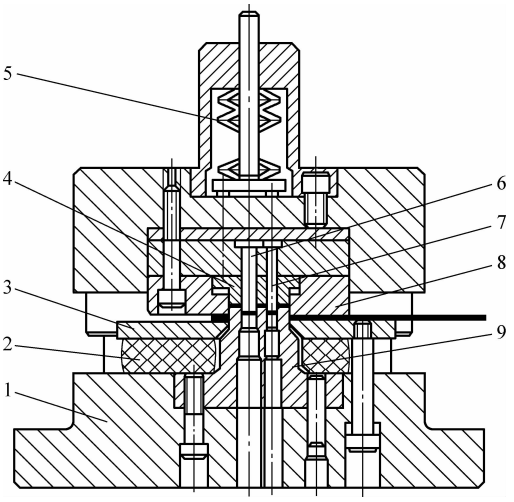


图3-47　仪表零件复合光洁冲裁模典型结构

1—下模座　2—卸料橡胶　3—弹压卸料板

4—卸件器　5—碟簧　6、7—冲孔凸模

8—落料凹模　9—凸凹模

设计这类冲模应注意以下几点：

1）因光洁冲裁比相当普通冲裁压力要大1倍以上，冲压功大2倍，选用设备推荐采用J21系列开式双柱固定台压力机或J23系列开式双柱可倾压力机为宜，这类压力机架刚度较好。当然，采用闭式O形机架压力机更好。

2）光洁冲裁卸料（件）力比普通冲裁卸料力大2倍以上，故推荐用碟簧、高强度聚氨酯橡胶作为卸料与卸件以及压料的弹性元件。

3）冲孔凸模应采用更好的高强度、高耐磨材料。必要时应进行刚度校核，尽量缩小其长度。

3.5.5　机械压力机允许精冲料厚

在机械压力机上进行精冲、整修与光洁冲裁，与普通冲裁相比，机身承载要大1倍以上，精冲凸模满载行程长度比普通冲裁大2倍；普通冲裁达到最大冲裁力为30%t负载行程，而精冲、光洁冲裁都是100%t，如不适当控制精冲料厚，机身弹性变形量加大、变形时间（行程）加长，长此以往必然损伤机床。考虑到简易精冲多采用单次行程，推荐按下列公式计算机械压力机许用最大精冲料厚t_{max}（mm）：

$$t_{max}=\frac{1}{K_0}0.63\sqrt{F_{公称}/10} \tag{3-4}$$

式中，K_0为安全系数，一般取$K_0=1.05\sim1.35$，建议公称压力$F_{公称}\geqslant1000$kN时取$K_0=1.05\sim1.10$；$F_{公称}<1000$kN时取$K_0=1.2\sim1.35$。表3-10列出国产标准系列机械压力机的最大精冲料厚t_{max}值。

表 3-10　机械压力机的最大精冲料厚

序号	机械压力机公称压力 $F_{公称}$/kN	允许精冲最大料厚 t_{max}/mm	备注
1	400	3	
2	630	4	
3	800	5	
4	1000	6	含闭式单点压力机
5	1600	7.5	含闭式单点压力机
6	2500	9.5	含闭式单点压力机
7	3100	10.5	含闭式单点压力机
8	4000	12.5	含闭式单点压力机

3.5.6　光洁冲裁及其连续模结构设计

1. 光洁冲裁

小间隙，甚至负间隙圆刃口是光洁冲裁模结构设计的工艺要素，并由此获取了光洁、平整的冲切面。

图 3-48 所示为小间隙圆刃口光洁冲裁与普通冲裁的机理及动作过程比较，从中可以看出两者之间的明显差别。

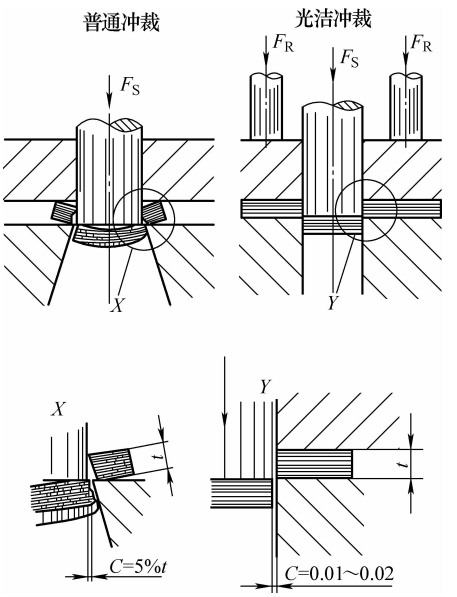


图 3-48　光洁冲裁的机理
（与普通冲裁比较）

2. 光洁冲裁的主要工艺与力学参数

（1）冲裁间隙　单边间隙 $C \leqslant 0.01$mm，与料厚无关。

推荐 $C = 0.015 \sim 0.01$mm。对于硬态铝合金与铜合金及钢板料工件，可取 $C = 0.015$mm；而软态铝合金与铜合金以及软钢，冲切面垂直度要求 ≈ 88° ~ 90°时，取 $C = 0.01$mm。如冲切面垂直度公差 ≥ ±3°，则可取 $C = 0.015$mm。

（2）刃口圆角　落料凹模刃口取 $R = 0.1 \sim 0.2$mm 圆角，并与凹模洞口呈平滑连接。冲孔凸模刃口取 $R = 0.1 \sim 0.2$mm 圆角，并与凸模侧边呈平滑连接。

（3）凹模洞口结构形状　推荐采用直壁洞口，也可以采用直壁与锥筒壁组合洞口，但直壁部分高度 H 为（2 ~ 3）t。

（4）力学参数　小间隙圆刃口光洁冲裁，所需冲压力由于冲模间隙小、材料变形抗力提高、圆刃口形成三向压应力的纯剪效应等影响，使冲裁压力比普通冲裁要大 50% ~ 70%。故推荐按下式计算其冲裁力 F_G：

$$\begin{aligned} F_G &= (1+0.7)F = (1+0.7)KUt\tau_b = 1.7 \times 1.3Ut\tau_b \\ &= 2.21Ut\tau_b \approx 2.5Ut\tau_b \end{aligned} \tag{3-5}$$

式中，K 为安全系数，通常取 1.3；τ_b 为工件材料实际抗剪强度（MPa）；U 为冲裁线长度（mm）；t 为工件料厚（mm）；F 为普通冲裁力（N），$F = KUt\tau_b$。

3. 光洁冲裁的种类及工艺

光洁冲裁及其工艺参数见表 3-11。其中，负间隙圆刃口凹模冲裁与小间隙刃口凹模冲裁较多的用于外形简单工件的落料，也是精冲工艺的一种。

表 3-11　光洁冲裁及其工艺参数选择

序号	类别	适合材料				
		抗剪强度 τ_b/MPa	名　称	牌　号	允许料厚 t_{max}/mm	推荐采用单边间隙
1	负间隙光洁冲裁	65 ~ 255	电工硅钢	D21、D31、D41	< 8	−(0.1 ~ 0.2)t
2			纯铝	1060、1050A、1200	< 10	
3			铝合金（软态）	3A21	< 8	
4			黄铜（软态）	H62、H68	< 8	
5			纯铜（软态）	T1、T2、T3	< 12	
6			低碳钢	05F、08F、10	< 6	
7	小间隙圆刃口凹模光洁冲裁	≤255	纯铝	1070A、1060、1050A、1035A	< 12	0.01 ~ 0.02mm
8			防锈铝合金（软态）	5A10、5A03、5A01	< 10	
9			高强度铝合金（软态）	2A10、2A11、2A12	< 8	
10	普通冲床简易精冲	≤400	纯铜（软态）	T1、T2、T3、T4	< 10	用 V 形齿圈强力压边（FB）精冲，0.5%t
11			黄铜（软态）	H62、H68	< 8	
12			低碳钢	05F、08F、10、15、20	< 6	
13			黄铜（硬态）	H62、H68	< 6	
14		> 255 ~ 420	高强度铝合金（硬态）	2A10、2A11、2A12	< 6	
15			低碳钢	10、15、20	< 6	
16			中碳钢（软态）	30、35、40、45	< 4	
17	复合整修光洁冲孔	> 210 ~ 400	低碳钢	08F、10F、10、20、Q235A	< 6	冲孔采用 GB/T 16743—2010《冲裁间隙》Ⅰ类间隙：整修间隙（单边 C 值），C = 0.025 ~ 0.01mm
18		> 420 ~ 560	中碳钢	45	< 4	
19		65 ~ 255	高碳钢	T8A、T10A、65Mn	2 ~ 4	
20		> 290 ~ 420	纯铝、软态铝合金和纯铜与黄铜	1070A、1060、2A10、2A12 T1、T2、T3、H62、H68	8 ~ 10	
21		> 290 ~ 420	硬态的纯铜与黄铜	T1、T2、T3、Pb659-1、H62、H68	6.5	
22		> 225 ~ 550	硬态铝合金与青铜	2A12、QSn4-4-2.5、QA17、QBe2	8	
23		> 120 ~ 190	镁合金与电工硅钢	MB1、MB2、D21、D31、D41	10	
24	小间隙光洁冲孔	不限	任意	任意	15 ~ 12	（1% ~ 2%）t

4. 表芯座连续模的结构设计

用多工位连续冲裁模对仪表表芯座进行光洁冲孔与落料，直接从条料一模成形，获取高精度成品厚板零件。该工艺取代切削加工，改变了冲压的毛坯生产性质，提高生产率18 ~ 20倍，且冲压件一致性好，互换性强，质量高。

（1）工艺分析　图 3-49 冲压零件图所示为仪表表芯座，其尺寸精度要求一般，但其两个长圆形槽孔的孔壁表面粗糙度 Ra，要求较严为 1.6μm。外形尺寸公差为 ±0.2mm，冲切面粗糙度值 $Ra \leqslant 3.2\mu m$，并要求平整、垂直无粗糙撕裂带。在新产品样试与批试阶段，采用冲压供坯，进行切削精加工。投入大批量生产后，用普通立铣或工具铣，加工这两个宽 6mm、长 16mm 的长圆槽孔及外廓，生产率很低，根本无法与压力机相配完成生产任务。考虑该冲压件为塑性好的 H68 软态黄铜，虽料厚 t 达 2.5mm，仍然很适于进行圆刃口小间隙光洁冲孔。故设计了如图 3-49 所示的二工位连续冲孔落料光洁冲裁模，通过光洁冲裁取代切削加工，提高了生产率。

（2）排样图设计　从图 3-49 零件图可以看出，长槽孔距零件外廓的边距很小，最小边距在槽孔长度方向仅为 2.5mm 与料厚 t 相等。故采用连续冲裁，即先冲孔而后落料，有利于提高凹模强度。同时，也便于对冲孔凸模设计加固结构；加粗凸模杆部，缩短凸模工作段长度并考虑卸料板导向结构，为凸模精确导向，见排样图。

图中工件两个长圆槽孔壁表面粗糙度要求 Ra 为 1.6μm、四周外廓要求 Ra 为 3.2μm，普通冲孔与落料冲裁都不可能达到，尤其对料厚 $t = 2.5$mm 的中厚板料，普通冲裁冲切面是仅约为料厚 t 的 1/3（即 0.9mm 左右）、带塌角的光亮带，其余为撕裂带。必须经过切削加工才能达到图样要求。

采用小间隙圆刃口凹模落料，用圆刃口可使材料变形区承受更大的侧向压应力，提高材料的塑性，抑制可能引起破裂的晶间变位，而以晶内滑移为主要变形机构。同时，还会使材料参加变形的部分增加，硬化区扩大，减低了应力集中效应，从而避免或延迟了在凸、凹模刃口尖角处出现的材料裂纹。小间隙，通常单边间隙 < 0.01mm，减少了由于条料拱弯而造成的拉应力状态，提高了纯剪切效应，保证了工件平整及冲切面垂直。而且，圆刃口对已剪切表面有很好的挤光作用。试验与生产实践表明，小间隙圆刃口光洁冲裁，适于加工铝、铜及其合金、含碳低[w(C) ≤ 0.15]的软钢，以料厚 $t > 2 \sim 6$mm 为宜。

（3）结构设计　因光洁冲裁使用冲模负载比普通冲裁大 70% 以上，故要求冲模刚度大，抗压能力强。通常采用加厚模座和加粗导柱的模架；由于光洁冲裁的间隙很小，要保证闭模时凸、凹模对准并保证均匀一致的间隙。必须采用 0 级或 1 级高精度模架。使导柱与导套间滑动配合间隙（单边）小于光洁冲裁模单边间隙的一半。

光洁冲裁，尤其小间隙圆刃口凹模光洁冲裁，需要对凸模进行高精度导向，确保承裁后凸模能对准凹模并保持均匀的间隙。因此，设计采用了卸料板导向结构，并使模芯固定板 20 上安装的小导柱与落料凸模 11，冲槽孔凸模 15 对模具几何中心的同轴度误差 ≤ 0.005mm；小导柱与其配套的导套间隙 ≤ 0.005mm，从而保证进行光洁冲裁的凸、凹模，在工作时不仅能对准，而且能保证较均匀的间隙。

光洁冲裁要在夹紧材料，并使材料无拱弯的情况下进行。因此，设计该冲模采用高硬度、强弹性的聚氨酯橡胶保证强力压料，亦可用强力螺旋压簧或碟簧，可依工件材料力学性能及供应状态选定。由于该工件是软态 H68 黄铜，选聚氨酯橡胶就足够了。

以普通低碳钢冲裁件为例，其冲切面由光洁的光亮带与粗糙的撕裂带构成。当冲裁料厚 $t \geqslant 2$mm 时，肉眼即可清楚看出，占料厚 30% 的光亮带和其余的撕裂带界限分明，尺寸差异随料厚 t 增大而更加显著。当 $t \geqslant 4$mm 时，冲裁件的冲切面变成一个台阶，撕裂带明显小了许多，且十分粗糙。如果用于装配面、配合面、运动面、外观装饰面等，就必须再进行切削加工使其表面粗糙度值 $Ra \leqslant 1.6\mu m$。而光洁冲裁的冲切面光洁平整无撕裂，其表面粗糙度值可达 $Ra \leqslant 0.8\mu m$，已赶上普通切削加工。为此，该工艺可对厚板料（即 $t = 2 \sim 12$mm），

甚至达 16mm 厚的金属板进行冲裁加工，包括外形复杂工件的落料或冲孔，都可取代切削加工而获取良好的经济效益。

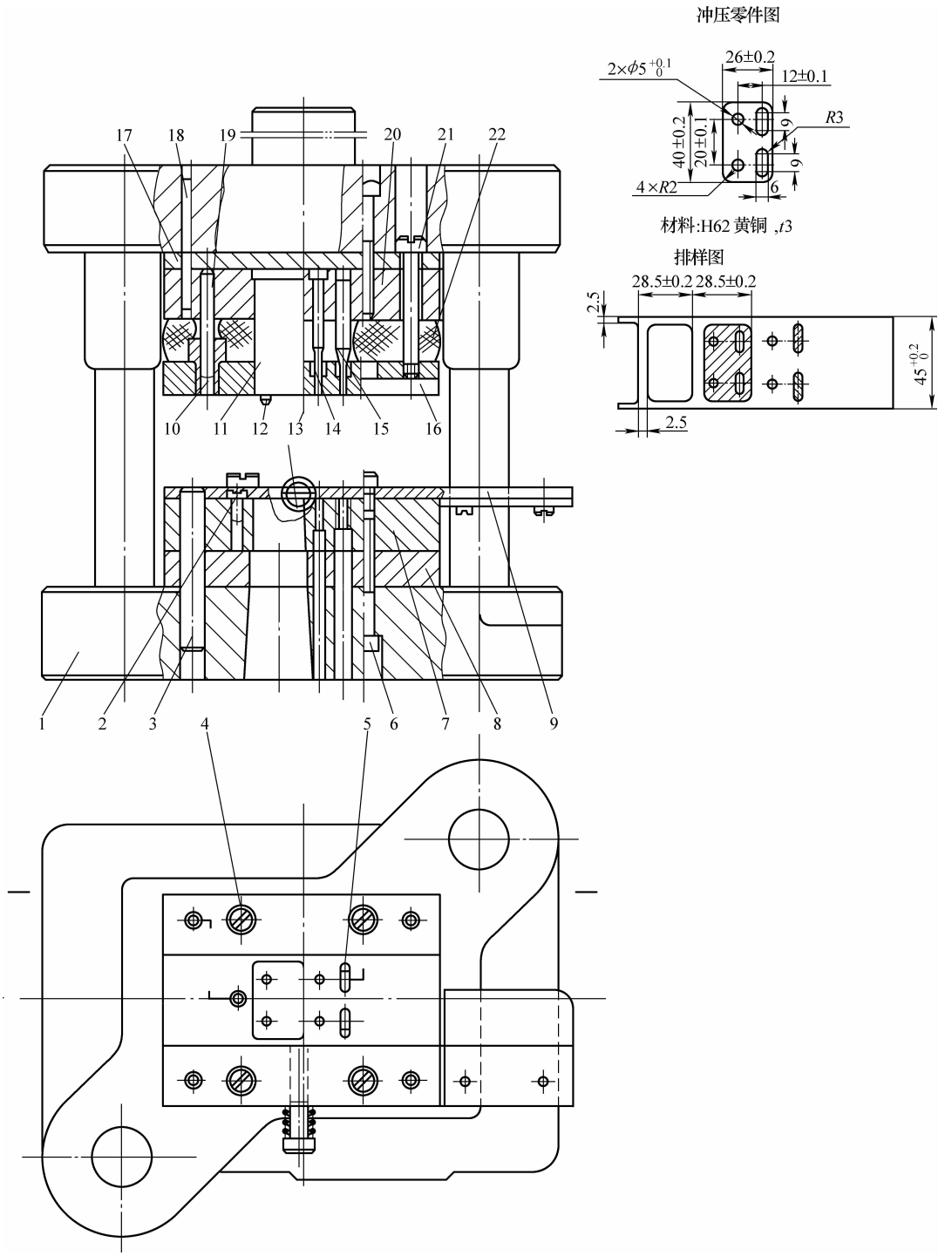


图 3-49　表芯座冲孔、落料连续光洁冲裁模

1—下模座　2—固定挡料销　3、18—销钉　4、6、21—螺钉　5—长槽凹模孔　7—凹模　8—垫板　9—导料板　10—小导套　11—落料凸模　12—导正销　13—始用挡销　14—冲圆孔凸模　15—冲槽孔凸模　16—弹压卸料板　17—垫板　19—小导柱　20—固定板　22—橡胶体

3.6　普通压力机上的简易精冲技术

在普通压力机上精冲薄料小尺寸、仪表零件，进行多品种、中小批量生产，既可以达到精冲件的质量要求，改变冲压的毛坯生产性质，直接用板料精冲出成品冲压零件，无需再切削加工；同时也不用投巨资购买昂贵的成套专用精冲设备与精冲模，省去建设精冲生产车间的厂房、配套基础设施和组建技术要求很高的操作维修机构，节约效果显著。

3.6.1　简易精冲的类型及主要技术特点

在普通压力机上，用专用、特殊结构的精冲模，直接从板、条、带料上精冲成品零件的简易精冲法，用于料厚不大、外形尺寸较小，以及需要部分与局部精冲的各种金属冲压零件，可以取得很好的技术经济效益。经过多年实践，适于国产普通压力机的简易精冲法见表3-12。

表 3-12　适于国产普通压力机的简易精冲方法及其主要工艺技术参数

类别	名称	推荐使用设备	冲模结构特征	加工范围/mm		推荐使用行业	说明
				料厚 t_{max}	外形尺寸 L_{max}		
强力齿圈压边精冲	用普通压力机实施齿圈压边精冲（见图3-51～图3～54）	普通压力机J21系列	多种结构形式	<6	<200	使用小型精冲件品种多，产量不大的行业	用J21系列开式双柱固定台或闭式压力机为佳
	聚氨酯齿圈压板三动精冲模（见图3-51）	普通压力机J21系列	用高硬度聚氨酯作为压边及反顶弹性元件，整体结构与普通全钢冲模的导柱模架带弹压卸料板复合冲裁模相似	<3	<100	电子、仪表、照相机	采用加厚模座、四角导柱模架
	用碟簧或环簧亦可用矩形丝螺簧的齿圈压板三动精冲模（见图3-55～图3-59）	普通压力机J21系列	用各种强力弹簧作为齿圈压边及反顶的弹性元件，模具结构类似弹压卸料复合冲裁模	<5	<150	电子、仪表、开关电器、照相机、复印机、电影机等	用加强模座及压料板的导柱模架
	用液压模架的简易精冲（见图3-53）	四柱万能液压机	压料与反顶用液压缸均装在通用大模架内，用附加液压系统供压。精冲模装在通用大模架中，其结构同标准精冲模	<10	<250	电子、仪表、开关电器、照相机、复印机、电影机等	效率较低，但操作安全噪声小；原机械工业部北京机电研究所曾设计液压模架在国内推广使用
	改装普通压力机为简易精冲压力机（见图3-54）	J21系列普通压力机或液压机	压料与反顶所需压力分别用装在工作台下部与滑块模柄孔中的两液压缸提供。使普通冲床或液压机成为简易精冲机	<6	<200	电子、仪表、开关电器、照相机、复印机、电影机等	国内有武汉733厂与天津754厂等采用此方法取得成功，并在行业中推广

（续）

类别	名称	推荐使用设备	冲模结构特征	加工范围/mm		推荐使用行业	说明
				料厚 t_{max}	外形尺寸 L_{max}		
光洁冲裁	用普通压力机冲裁获得全光洁冲切面的简易精冲法	普通机械压力机	有多种结构形式	>1～10	<100	电子、仪表、开关电器、照相机、复印机、电影机等	
	微间隙圆刃口光洁冲裁	普通机械压力机	落料凹模刃口带小圆角、倒角或椭圆角；冲孔时凸模刃口带小圆角、倒角。单边冲裁间隙为0.01～0.02mm与料厚无关	1～10	<100	电子、仪表、开关电器、照相机、复印机、电影机等	
	负间隙光洁冲裁	普通机械压力机	凸模大于凹模形成（10%～20%）t 负间隙，冲裁时凸模的最低位置距凹模表面0.1～0.2mm	1～8	<50	电子、仪表、开关电器、照相机、复印机、电影机等	高塑性材料，外形简单的冲裁件外廓光洁冲裁
	挤压光洁冲孔	普通机械压力机	采用截锥或二台阶凸模，使用压料板及0.01mm冲孔间隙，凸模小端冲孔，凸模大端挤光孔壁	>1～12	<50	电子、仪表、开关电器、照相机、复印机、电影机等	凸模小头与大头距离可取冲孔直径的四分之一
整修亦称修边	对冲裁毛坯的冲切面进行修边达到光洁平整	普通机械压力机	整修毛坯留有>0.1～0.3mm的修边余量，靠整修模锋利刃口逐步分次冲切，获得光洁平整冲切面	>0.5～16	<100	电子、仪表、开关电器、照相机、复印机、电影机等	
	外缘整修	普通机械压力机	凹模为直壁锋利刃口并有准确定位系统，整修毛坯大端尺寸贴在凹模表面	>0.5～16	200	电子、仪表、开关电器、照相机、复印机、电影机等	
	孔与内形整修	普通机械压力机	凸模为直壁锋利刃口并设准确定位系统，整修孔与内形的毛坯将较小的孔尺寸一面放在上面，朝着凸模端面	>0.5～12	200	电子、仪表、开关电器、照相机、复印机、电影机等	
	复合整修	普通机械压力机	外缘的落料与整修采用双层凹模结构；内孔与外缘的复合冲裁与整修亦采用复合冲裁模顺装结构	>0.5～12	200	电子、仪表、开关电器、照相机、复印机、电影机等	外缘的落料与整修复合冲制；外缘与内孔的复合冲裁与装修
	振动修边（整修）	专用振动修边压力机	与普通整修模结构类似，用锋利刃口经振动逐步修边	>1～3	200	电子、仪表、开关电器、照相机、复印机、电影机等	可以加工厚料与高强度硬材料零件

（续）

类别	名称	推荐使用设备	冲模结构特征	加工范围/mm		推荐使用行业	说明
				料厚 t_{max}	外形尺寸 L_{max}		
无毛刺冲裁	用普通压力机分工步往复冲裁	普通压力机	设压凸、反顶、分离三工位连续冲裁，使工件冲切面上下产生两个塌角面、两个光亮带而无毛刺	>1～6	200	电子、仪表、开关电器、照相机、复印机、电影机等	国内已用于无毛刺冲孔
杆料与型材的精密剪截	棒杆与型材精密剪切	普通压力机	用适形刃口与封闭夹紧模腔，在径向或轴向加压状态下剪截，活动刃口与固定刃口之间的间隙很小	直径 <ϕ60	<200	各行业通用	径向加压剪截材料使用较多

3.6.2　采用简易精冲应注意的问题

使用国产普通的压力机，实施表 3-12 所列各种简易精冲工艺，应注意以下一些问题：

1. 简易精冲方法的选择

根据冲裁件的技术要求：尺寸与几何精度、冲切面表面粗糙度值与垂直度公差、毛刺大小及方向、工件材料力学性能及料厚、冲裁件欲精冲部位及冲裁线复杂程度等，选用合适的简易精冲方法，达到技术上可行，所需模具结构简单且便于制造，生产成本低。

（1）精冲　带 V 形齿圈强力压板精冲工艺，不能精冲料厚 $t \leqslant 0.5$mm 的冲裁件。因为其最小 V 形齿高度为 0.32mm。$t \leqslant 0.5$mm 原材料很易被 V 形齿压料时卡断。该工艺更适合 $t >$ 1mm 的薄板、中厚板及厚板精冲。该精冲法适于加工塑性良好的非铁金属及其合金，特别是纯铜、纯铝及大部分塑性好的铜合金、铝合金以及低碳（软）钢。凡是可以冷挤压的材料，均可精冲。但切削性能好的一些非铁合金，精冲性能却不好，如 HPb59-1 黄铜等。为改善碳钢的精冲性能，w(C) >0.2% 的中高碳钢、合金钢，多数需进行球化退火处理后才能精冲。在众多的简易精冲方法中，该工艺使用的冲模结构更复杂，制造技术要求更高，但模具结构定型，结构形式比普通全钢冲模少得多。

（2）光洁冲裁　光洁冲裁用于精冲外形简单的零件，冲裁线圆滑、无尖角凹口及小凸台等急骤变化的非直线外形，更合适。冲裁刃口多拐角，小角度折线都会使刃口难以保持合适间隙，多余材料易聚集，刃口小圆角也难以加工并保持一致。塑性好的材料光洁冲裁易获取较好的效果。

（3）整修　整修类似切削加工。复杂的冲裁线将给整修刃口的制造与修理带来困难。整修可使工件冲切面达到更高的垂直度及更小的表面粗糙度值。

（4）无毛刺冲裁　如要求工件的孔和内形无毛刺，采用无毛刺冲裁工艺最合适。板料冲裁及精冲都会使工件冲切面一边产生毛刺，只有无毛刺冲裁是个例外。整修虽也可达到无毛刺，但要经过多次整修，效率较低。

2. 设备选择

由于精冲间隙不及普通冲裁间隙的 10%，精冲需要在强力压料与反顶状态下进行，所以精冲所需总压力和功均比普通冲裁大 1 倍以下。在选用简易精冲所需设备时，首先要考虑

所选压力机机架应刚度大，承载变形小而均匀，动态精度高，运转平稳；所选压力机滑块导向应精度高，承载后滑块下行的最低位置（下死点）保持不变，最大波动小于0.1mm，以便于精确控制精冲凸模刃口接触凹模刃口的位置，防止凸模进入凹模洞口。

按照上述要求并根据实践经验，优先推荐使用国产的以下诸种类型压力机用于简易精冲。

1）J21系列及其改型与改进设计的开式双柱固定台压力机，公称压力$F_{公称}$为400～2500kN。

2）J31系列及其改型与改进设计的闭式单点压力机，公称压力$F_{公称}$为1600～3150kN。

3）Y32系列及其改型与改进设计的四柱万能液压机，公称压力$F_{公称}$为3000～5000kN。

3. 压力和功的计算

（1）用V形齿圈压板的精冲（简称FB精冲）的力与功　在普通压力机上进行FB简易精冲，机身要同时承受压料、反顶及冲裁三项压力合成的总压力荷载，卸料力与推（顶）件力是在主冲裁之后施加，不会同时叠加增大总压力，故不计入总压力中。由于在压料与反顶夹紧原材料情况下冲裁，故对于单动压力机而言，可用于主冲裁的吨位也相应减小，可按下式计算所需设备吨位：

$$F_{公称} \geqslant F_{计} \tag{3-6}$$

$$F_{计} = K(F + F_1 + F_2) \tag{3-7}$$

$$F = tL(1 - t'/t)R_m \tag{3-8}$$

$$F = 0.9tLR_m \tag{3-9}$$

$$F_1 = f_1 L_1 h R_m \tag{3-10}$$

将$f_1 = 4$，$L_1 \geqslant L$，h =（0.2～0.3）t代入式（3-10）得

$$F_1 = (0.8 \sim 1.2)tLR_m \tag{3-11}$$

通常情况下，取：

$$F_2 = (0.1 \sim 0.25)F \tag{3-12}$$

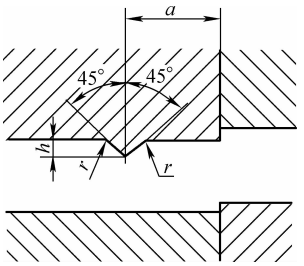
将式（3-9）、式（3-11）、式（3-12）代入式（3-7），并取$K = 1.3$得

$$F_{计} = (2.3 \sim 3.0)F \tag{3-13}$$

以上式中，$F_{公称}$为普通压力机（包括普通冲床与液压机）的公称压力（kN）；$F_{计}$为带V形齿圈压板精冲所需普通压力机的计算吨位（kN）；K为安全系数，通常取1.3；F为主冲裁力（kN）；F_1为齿圈压板压力（kN）；F_2为反顶压力（kN）；t为精冲件料厚（mm）；L为冲裁线周长（mm）；t'为冲裁时凸模挤入材料深度（mm）；R_m为精冲材料的抗拉强度（MPa）；f_1为系数，通常取$f_1 = 4$；h为齿圈V形齿高度（mm），见表3-13～表3-15；L_1为齿圈长度（mm）。

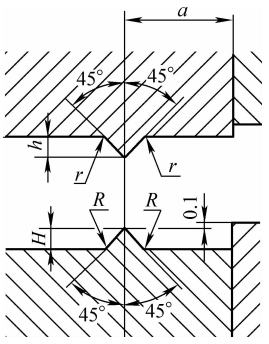
t'值可依精冲材料种类、状态、厚度及其力学性能从有关手册查得。为方便计算，Timmerbeil把$1 - t'/t$之值绘成诺谟图，见图3-50，可按精冲材料屈强比（R_{eL}/R_m）图算求出$1 - t'/t$近似值，对于精冲，$1 - t'/t$值均在0.6～0.9之间，为保险计，取$1 - t'/t = 0.9$，从而使式（3-8）演变成式（3-9）。

表 3-13　单面 V 形齿圈的 V 形齿尺寸　　（单位：mm）



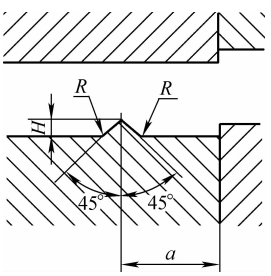
料厚	a	h	r
1 ~ 1. 7	1	0. 3	0. 2
1. 8 ~ 2. 2	1. 4	0. 4	0. 2
2. 3 ~ 2. 7	1. 7	0. 5	0. 2
2. 8 ~ 3. 2	2. 1	0. 6	0. 2
3. 3 ~ 3. 7	2. 5	0. 7	0. 2
3. 8 ~ 4. 5	2. 8	0. 8	0. 2

表 3-14　双面 V 形齿圈的 V 形齿尺寸　　（单位：mm）



料厚	a	H	R	h	r
4. 5 ~ 5. 5	2. 5	0. 8	0. 8	0. 5	0. 2
5. 6 ~ 7	3	1	1	0. 7	0. 2
7. 1 ~ 9	3. 5	1. 2	1. 2	0. 8	0. 2
9. 1 ~ 11	4. 5	1. 5	1. 5	1	0. 5
11. 1 ~ 13	5. 5	1. 8	2	1. 2	0. 5
13. 1 ~ 15	7	2. 2	3	1. 6	0. 5

表 3-15　小模数齿轮及类似带尖角零件精冲模的齿圈 V 形齿尺寸　　（单位：mm）



（续）

料厚	a	H	R
2.8～3.2	2.1	0.6	0.6
3.3～3.7	2.5	0.7	0.7
3.8～4.5	2.8	0.8	0.8

用V形齿圈强力压板精冲（FB）的冲压功可按下式计算：

$$W_{功}=\frac{KF_{计}t}{1000} \tag{3-14}$$

（2）光洁冲裁时冲压力的计算　负间隙冲裁的冲压力 F_F 可按下式计算：

$$F_F=f_2F_{max} \tag{3-15}$$

式中，F_{max}为普通冲裁同一冲裁件所需最大冲压力（N）；f_2 为负间隙精冲系数，按精冲材料选取：铝及铝合金取 $f_2=1.5\sim1.8$，黄铜（软态）取 $f_2=2.3\sim2.8$，软钢取 $f_2=2.5\sim3$。

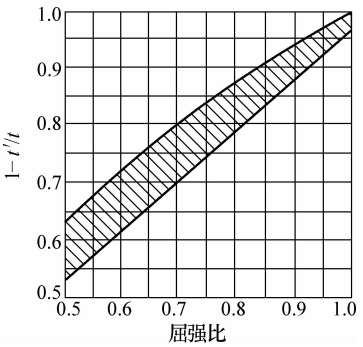


图3-50　求 $1-\frac{t'}{t}$ 值诺谟图

$$F_{max}=KtLR_m \tag{3-16}$$

$$F_F=1.3f_2tLR_m \tag{3-17}$$

对于圆刃口光洁冲裁冲压力 F_y 亦可用式（3-15）计算，但式中 f_2 的取值应根据精冲材料不同，按上述 f_2 值范围，取其下限值。

以上是经验计算法，仅供参考。

如需另行计算推（顶）件力 $F_{推}$、卸料力 $F_{卸}$，均可按（5%～8%）F_F 进行粗略计算。

4. 其他问题

1）机械压力机最大精冲料厚的确定。

2）精冲模设计中应注意的事项，如刃口圆角设置、精冲间隙选取及调整、上模下行位置控制等。

3）实际操作中常遇到的问题，如原材料前处理、润滑、压边及反顶力调整等。

由于我国与精冲密切相关的配套技术水平不高，应用简易精冲可以不进口昂贵的成套精冲设备与精冲模，利用国产普通设备、材料、润滑剂及制模技术即可实施。尽管简易精冲与进口成套精冲设备精冲水平相比，生产率较低，精冲料厚受限，不适于大批量生产，但对于多品种、中小批量生产的小型精冲件而言，易实施，效益显著，有较好的推广使用价值。

3.6.3　简易精冲技术及精冲模结构设计

在普通压力机上实施简易精冲，包括光洁冲裁以及整修等工艺作业用冲模，多数都采用高精度、加强型模架，即模架导柱加粗，模座加厚；模芯卸料与推件机构零部件，均采用比普通冲模相当零部件更好的材料。但在结构上则与普通全钢相当类型的冲模有些类似，只是增加了一些普通冲模没有的功能机构，FB精冲模与普通复合冲裁模的结构对比见图3-51。

图3-51a、b左半边所示为倒装式复合冲裁模结构；右半边所示为在专用精冲机上使用的，带V形齿圈压板的、常用的两种复合精冲模（FB精冲）结构。

其他简易精冲所用冲模与普通全钢的带卸料板的导柱模架冲裁模、复合冲裁模的结构大同小异，主要是工作零件即凸、凹模刃口形状，冲裁间隙等有差别，特别是圆刃口光洁冲裁模、负间隙光洁冲裁模以及整修模。

以下介绍的 FB 简易精冲模典型结构，均为实际生产中应用过的、较为实用的典型结构。

用 V 形齿圈压板的精冲要求在强力齿圈压板施压，并有相向反顶，夹紧板料的情况下精冲。在普通压力机上精冲时，如果压料、反顶与主冲裁以及卸料、推（顶）件等各项压力均来自压力机滑块，除这五项压力的大小按精冲件要求，并在设计精冲模时可以设定外，在精冲过程中，只有压料、反顶与主冲裁三项压力要依次施加，同时保压完成精冲，而卸料与推（顶）件压力，要在精冲过程完成并待压料、反顶及主冲裁压力卸载之后，才可施加并完成这两个动作。如无专门滞后机构推迟施加这两个压力，将可能在完成精冲工件后，又被没有卸载的反顶力推回到搭边框中，从而损伤冲切面。

由于 FB 精冲的卸料力、推（顶）件力远比压料力、反顶力小，不足主冲裁力的 20%，而且必须在精冲出工件后施加。因此，简易精冲模，可以利用弹性元件弹力差异及顶件杆在上模开启回程并碰到滑块打料杆才起作用的特点，完成卸料与顶件动作而不设滞后机构。对于尺寸较大、较厚及形状复杂的精冲件，设计并采用各种滞后机构，以控制卸料与顶件压力大小与施加时机。

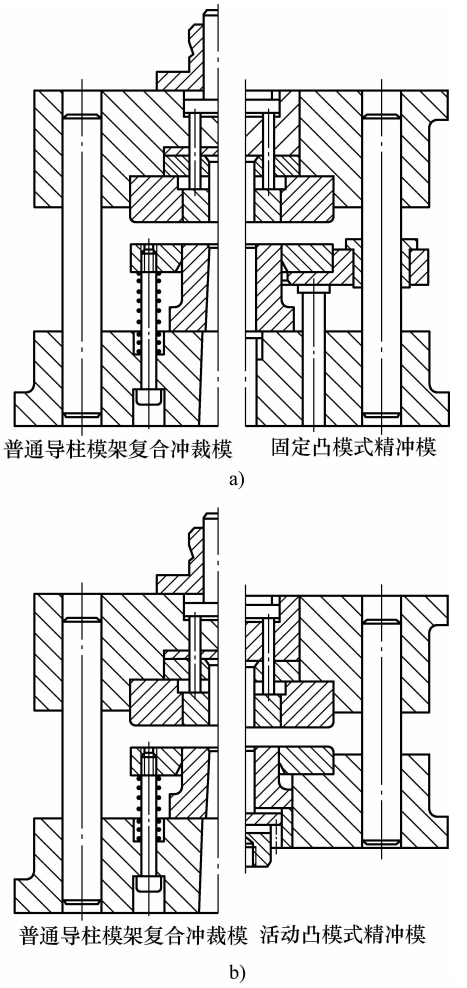


图 3-51　FB 精冲模与普通复合冲裁模结构对比

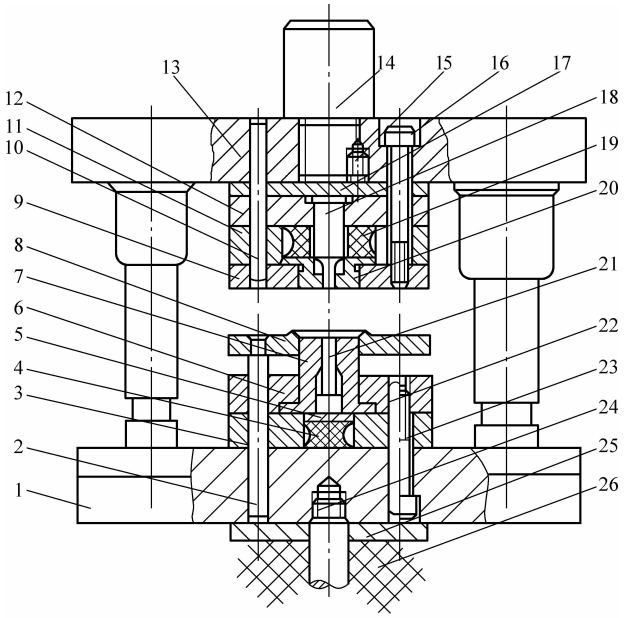
1. 聚氨酯橡胶精冲模

用高强度聚氨酯橡胶作为弹性元性，作为实施 V 形齿圈压料和反顶的压力源，主冲裁力由压力机提供，可精冲料厚 $t<3$mm 的小尺寸零件，其模具典型结构见图 3-52a。

聚氨酯橡胶强力齿圈压边简易精冲模，适用于 $t<3$mm 的软钢、非铁金属材料的板状零件的精冲及局部成形，尤其适合 $t<1$mm 的薄板件落料及冲孔，精冲 $t\leqslant 0.25$mm 的平板件尺寸精度高、无毛刺。

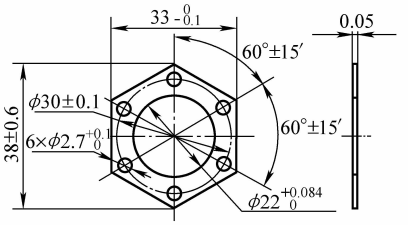
图 3-52b 典型结构适于 $t\leqslant 0.25$mm 平板件的无毛刺精冲。该模具用邵氏硬度大于 85A 的高硬度、大弹力的聚氨酯橡胶作为落料凹模和冲孔凸模，是一种无尺寸、无刃口软模，全靠另一半硬模的刃口挤压软模获得精冲零件。

精冲 $t\leqslant 3$mm 的软钢及非铁金属零件，推荐使用图 3-53 所示结构的精冲模，其齿圈压板压力 F_1 及顶件力 F_2 由聚氨酯橡胶提供。由于凸、凹模均为硬模即用模具钢制作并淬硬，与图 3-52b 结构相比，可以精冲稍厚一些的材料。但比较图 3-52a 与图 3-53 两种结构可以看出，图 3-53 结构已简化了一些，但其中心孔只能实施无反顶、圆刃口凸模光洁冲孔。

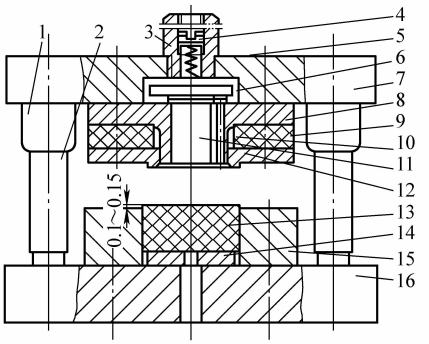


a)

精冲件图



材料：铍青铜



b)

图 3-52　聚氨酯橡胶 FB 精冲模

a）一般结构形式

1—下模板　2、21—顶杆　3、5、11、17—垫板　4、19、26—聚氨酯橡胶　6—凸凹模固定板　7—凸凹模　8—压边圈　9—凹模　10、22—销钉　12—冲孔凸模固定板　13—上模板　14—模柄　15—螺塞　16、23—螺钉　18—冲孔凸模　20—反压板　24—螺杆　25—托板

b）普通冲床用聚氨酯复合冲裁精冲模实例

1—导套　2—导柱　3—模柄　4—螺塞　5—弹簧　6—顶板　7—上模座　8—凸凹模　9、13—聚氨酯橡胶　10、11—顶杆　12—齿圈压板　14—垫板　15—容框　16—下模座

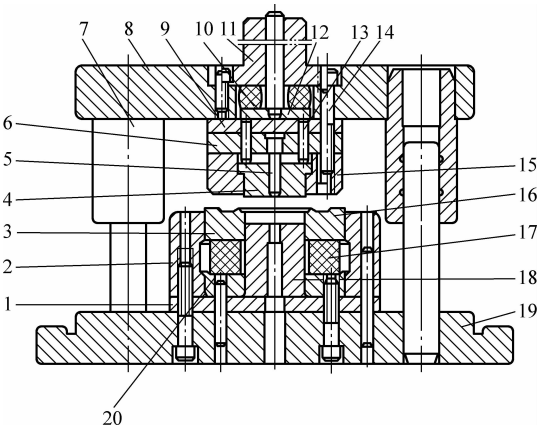


图 3-53　用聚氨酯的 FB 倒装式精冲复合模

1、9—垫板　2—齿圈压板容框　3、16—齿圈压板　4—卸件器　5—冲孔凸模　6、20—固定板
7—导套　8—上模座　10、17—橡胶体　11—模柄　12—推板
13—推杆　14—螺钉　15—凹模　18—凸凹模　19—下模座

2. 用液压模架的 FB 精冲模

在普通机械压力机和通用液压机上，采用液压模架把精冲模芯装在专用液压模架内，构成专用液压精冲模；另一种推广应用较多的是采用通用精冲液压模架，将精冲模装入通用液压模架内，实施精冲。这两种液压模架的作用是一样的，都是通过压力机外的附加液压系统提供可调液压压力，为精冲模提供齿圈压板压力 F_1 和反顶压力 F_2，精冲的主冲裁力 F 仍由压力机提供。

专用液压精冲模其液压模架能提供的液压压力十分有限，而且不能通用，故只在钟表行业及类似小尺寸精冲件生产中使用。图 3-54 所示为其典型结构形式。

通用液压精冲模架在国内成功获得推广应用，已建立通用规格系列，可以和各种机型不同规格的通用压力机配套使用，精冲各种小尺寸的精冲件。图 3-55 所示为通用的精冲液压模架。

使用通用液压模架精冲，如同使用专用精冲机类似，装入通用精冲液压模架的精冲模和装在专用精冲机上的固定凸模式精冲模完全一样，而且可以通用。图 3-56 所示为其典型结构。

3. 用碟簧的 FB 精冲模

用碟簧的 FB 精冲模，在小型高精度冲裁件的多品种、中小批量生产中，具有结构简单、制造方便、成本低而效益好的明显优势。图 3-57 ~ 图 3-60 所示为其主要结构形式。

图 3-57 所示为顺装式精冲落料模。从图中可以看出，与普通的顺装式薄板落料与复合冲裁模结构有些类似。作为一种 FB 精冲落料模，其结构设计的要点如下：

1）强力弹压板上围绕落料凸模 15，装了 V 形齿圈压板 4，其压料力由强力弹压卸料板 5 上安装的四组碟簧 8 提供。

2）反顶压力由顶件器 18，通过顶杆 16，从缓冲器上的强力聚氨酯橡胶 17 上获得。

3）主冲裁力由压力机提供。

图 3-58 所示为倒装式精冲落料模。该结构与图 3-57 相反，将凹模装在上模，凸模装在下模。两者相比，该结构的齿圈压板压力可以做得更大一些。提供齿圈压板压力的碟簧，装在下模下边，弹性元件有更大的安装空间，碟簧可以做大做强。但顶件力因其碟簧装在上

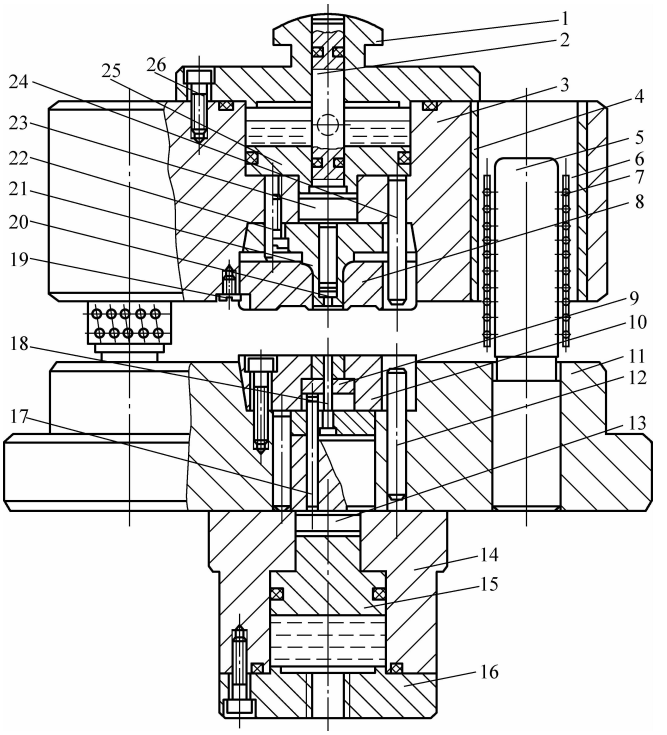


图 3-54　专用液压模架精冲模典型结构

1—浮动模柄　2、17、22—顶杆　3—上模座　4—导套　5—导柱　6—保持器　7—滚珠
8—压边圈　9—反压板　10—凹模　11—下模座　12—销钉　13—承力块　14—下液压缸
15—下活塞　16—端盖　18—冲孔凸模　19—限位螺钉　20—顶料杆　21—凸凹模
23—垫块　24—定位销　25—上活塞　26—密封圈

模柄内，不能做大，压力有限，有时需冲床打料装置帮助从凹模中推出工件。

图 3-59 所示为用碟簧的 FB 精冲顺装复合模。与图 3-57 相比，大同小异，但该结构含中间冲孔，是冲孔、落料复合精冲模。这套 FB 精冲模虽看上去与普通顺装复合冲裁模结构相当，但在强力弹压板下装有齿圈压板。与图 3-57 结构一样，强力弹压板 6 必须选用较好的材料并要加厚，否则承载后会变形。这是因为 FB 精冲齿圈压板压力可达主冲裁力的 60% 左右。这种结构的承载稳定性不如图 3-58、图 3-60。

图 3-60 所示为用碟簧的 FB 倒装式精冲复合模。该结构与图 3-58 一样，承载稳定性好。由于顶件力稍小，虽出件方便，但会影响需要反顶压力稍大的工件精冲。

4. 自行车变速器链轮的 FB 精冲模设计

图 3-61 所示为在 1600kN 曲轴压力机上，采用 FB 精冲工艺，精冲自行车变速器链轮的强力 V 形齿压板精冲模。该精冲模在结构设计上与其他 FB 简易精冲模相比有一些新创意。

（1）模架设计　采用国产普通 J31-160A 型公称压力 1600kN 的闭式单点曲轴压力机，滑块行程大，导轨对滑块导向精度低。而 FB 精冲单边间隙仅为 0.5%t，双面间隙也只有约 1%t，很小。本例冲裁料厚 t = 3mm，C = 0.5% ×3mm = 0.015mm。因此，要求所设计的精冲模导向装置必须精确可行，模具开启时上下模有效导向部分不能脱开。

设计的导柱与滚珠导套之间，采用 0.01 ~0.02mm 过盈配合的加强型滚珠导柱模架，将导柱加粗，上下模座用 45 钢并加厚。导柱压入上下模座后，导套用低熔点合金浇在上模座

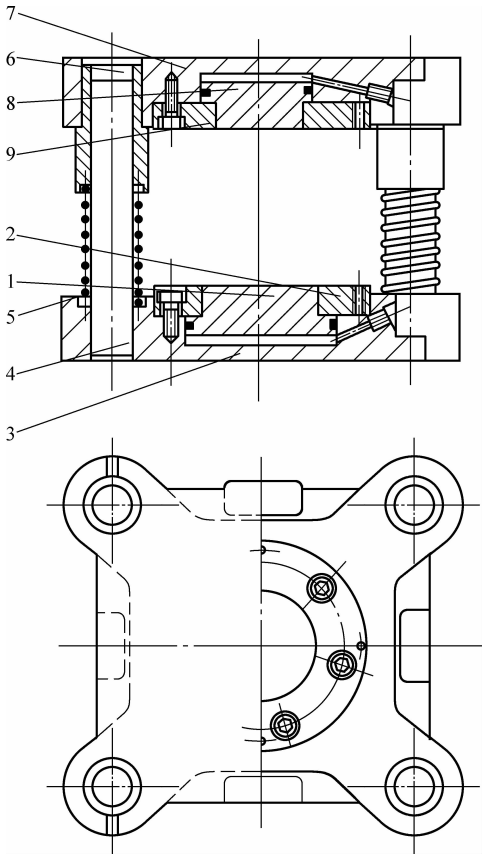


图 3-55　通用的精冲液压模架

1—下活塞　2—下压板　3—下模座　4—导柱　5—弹簧
6—导套　7—上模座　8—上活塞　9—上压板

内，以消除运行中导向偏差，实现接近零误差导向。

为确保模具开启时，导柱与导套不脱开，并有约导柱直径一半以上长度滞留于导套中，设计将导柱加长至 225mm，导套加长至模具闭合时，导套距活动模板表面仅 3 ~ 5mm。活动模板厚 42mm，压力机滑块行程 140mm。因此，当模具开启时 225mm 长的导柱，还有 38 ~ 40mm滞留在导套内，确保了冲模的全行程准确导向。

滚珠导套随冲模开启会上行，因压力机行程大，其导套上端会脱离导柱，装设挡圈在导柱端面，防止这种故障发生。

（2）主冲裁力以外的压力源提供与传动设计　除主冲裁力由压力机滑块直接提供并进行精冲外，其他诸压力，包括反顶压力、齿圈压板压力、卸料力、卸（推）件力等均分别由装在压力机台面下及模具顶上的高强度聚氨酯橡胶体组合部件，通过顶杆（销）、推板、压板构成的传动系统在压力机滑块驱动下，按规定程序与要求压力加压实施，如图 3-61 所示。

（3）模芯结构设计

1）齿圈结构形式。该精冲模的凸模、凹模是固定的，而齿圈压板是活动的，但仍按标准 V 形齿技术参数设计，要求装配后，齿圈应高出凹凸模刃口 1 ~ 1. 5mm。因此，采用四只压簧支承活动模板，用螺钉调整其与下模板的平行度及齿圈高出凹凸模刃口距离。

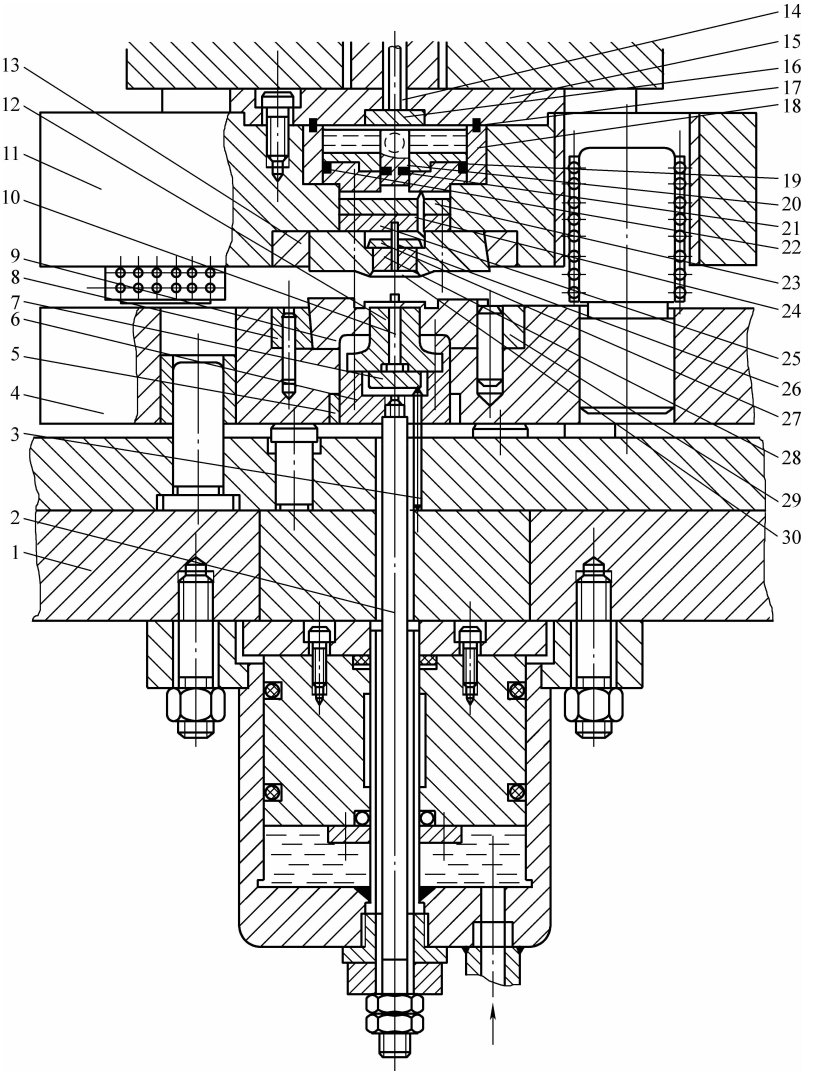


图 3-56　通用液压模架精冲模典型结构

1—下模座　2—拉杆　3、10、14、19、24—顶杆　4—活动模板　5—镶套　6—凸凹模座　7、27—顶板　8—护套　9—压边圈　11—上模座　12—凸凹模　13—护套　15、23—盖板　16—垫板　17—密封圈　18—上液压缸　20—上活塞　21、22—密封圈　25—冲孔凸模固定板　26—冲孔凸模　28—凹模　29—定位板　30—反压板

2）模具的装夹系统设计。导柱加长和反向推板橡胶体组件，装在上模顶上，给模具安装与夹持带来困难。为此，四只垫筒套在导柱上，再加若干垫块通过 T 形螺钉将模具装夹在压力机滑块底面上。

5. 片齿轮、凸轮片 FB 精冲模设计

弹簧强力压边简易精冲模使用碟簧、环簧，由圆、方、矩形断面钢丝烧制的螺旋弹簧等，均可作为 V 形齿圈强力压边精冲模的弹性元件。因为除圆断面钢丝螺旋弹簧可按标准在市场购得外，碟簧制造较方便且体积小而弹性大，所以这两种弹簧在普通冲床上的 FB 精冲模中应用较多。

图 3-62 所示是一套精冲 08F 材料、$t = 2.5\text{mm}$ 的仪表凸轮片用的螺旋弹簧（亦可用环簧或碟簧）强力压边的机械式简易精冲复合模。精冲的凸轮片最大外廓尺寸 $d \approx 22\text{mm}$，有

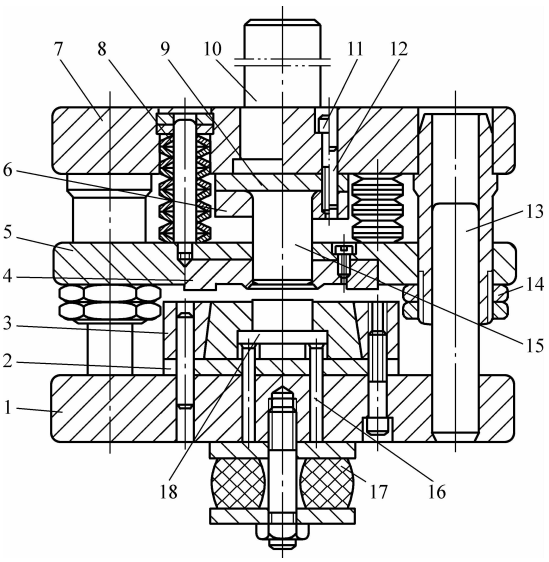


图 3-57　用碟簧的 FB 顺装式精冲落料模

1—下模座　2、9—垫板　3—凹模框　4—齿圈压板　5—强力弹压卸料板　6—凸模固定板　7—上模座　8—碟簧组
10—模柄　11—螺钉　12—销钉　13—导柱　14—螺母　15—凸模　16—顶杆　17—聚氨酯橡胶　18—顶件器

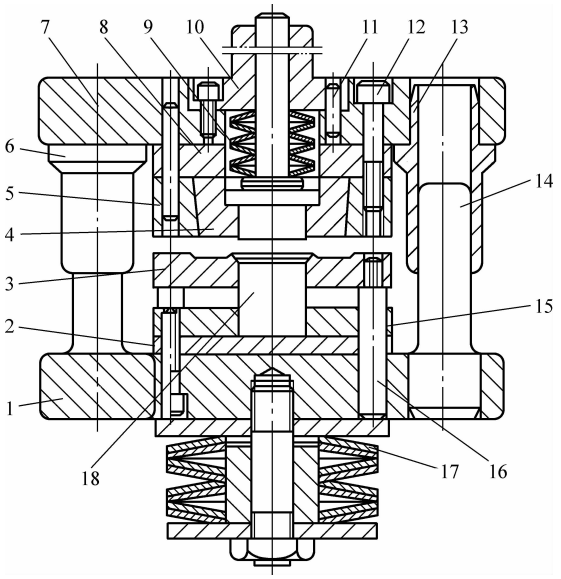


图 3-58　用碟簧的 FB 倒装式精冲落料模

1—下模座　2、8—垫板　3—齿圈压板　4—凹模　5—凹模框　6、13—导套　7—上模座
9、17—碟簧组　10—模柄　11—销钉　12—螺钉　14—导柱　15—固定板　16—顶杆　18—凸模

一 ϕ6mm 偏心固定小孔。凸轮周边要求平整光洁无撕裂，要求表面粗糙度值 $Ra=0.8\mu m$。该模具全部采用螺旋弹簧提供 V 形齿圈压边力 F_1、反顶力 F_2，并设计了滞后机构，由螺旋弹簧在模具开启后，施加顶件力从凹模 25 中顶出精冲件，而冲孔废料则被从模孔推卸漏出。该模具设计了由夹爪组 8、卡簧 23、垫板 22 和在夹爪中心装压簧构成的顶件器滞后机构，待上模回程后精冲件才从凹模 25 中出模。

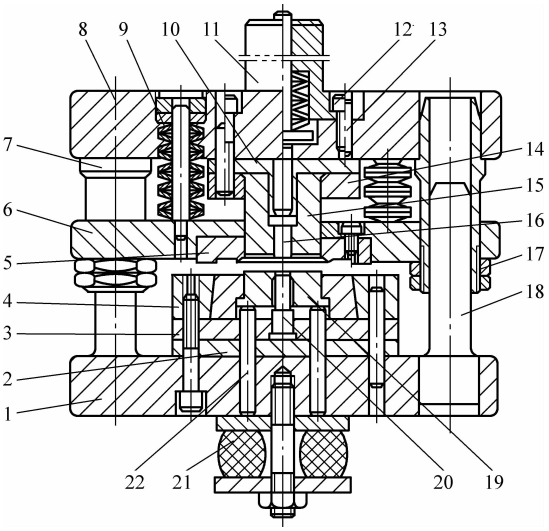


图 3-59　用碟簧的 FB 顺装式精冲复合模

1—下模座　2、10—垫板　3、14—固定板　4—凹模框　5—齿圈压板　6—强力弹压板　7—导套
8—上模座　9—碟簧组　11—模柄　12—螺钉　13—销钉　15—凸凹模　16—卸料器　17—螺母
18—导柱　19—顶件器　20—冲孔凸模　21—橡胶体　22—顶杆

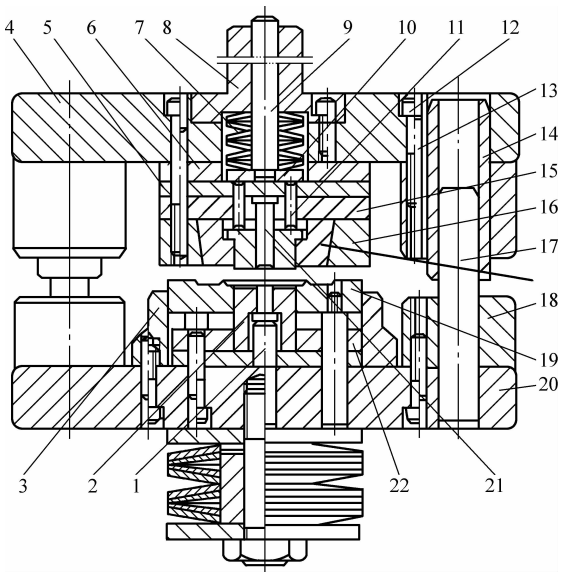


图 3-60　用碟簧的 FB 倒装式精冲复合模

1—顶杆　2—凸凹模　3—齿圈压板框　4—上模座　5—垫板　6—空心垫板　7—碟簧组
8—模柄　9—打杆　10—推板　11—推杆　12—螺钉　13—销钉　14—导套
15—固定板　16—凹模框　17—导柱　18—护套　19—齿圈压板
20—下模座　21—冲孔凸模　22—固定板

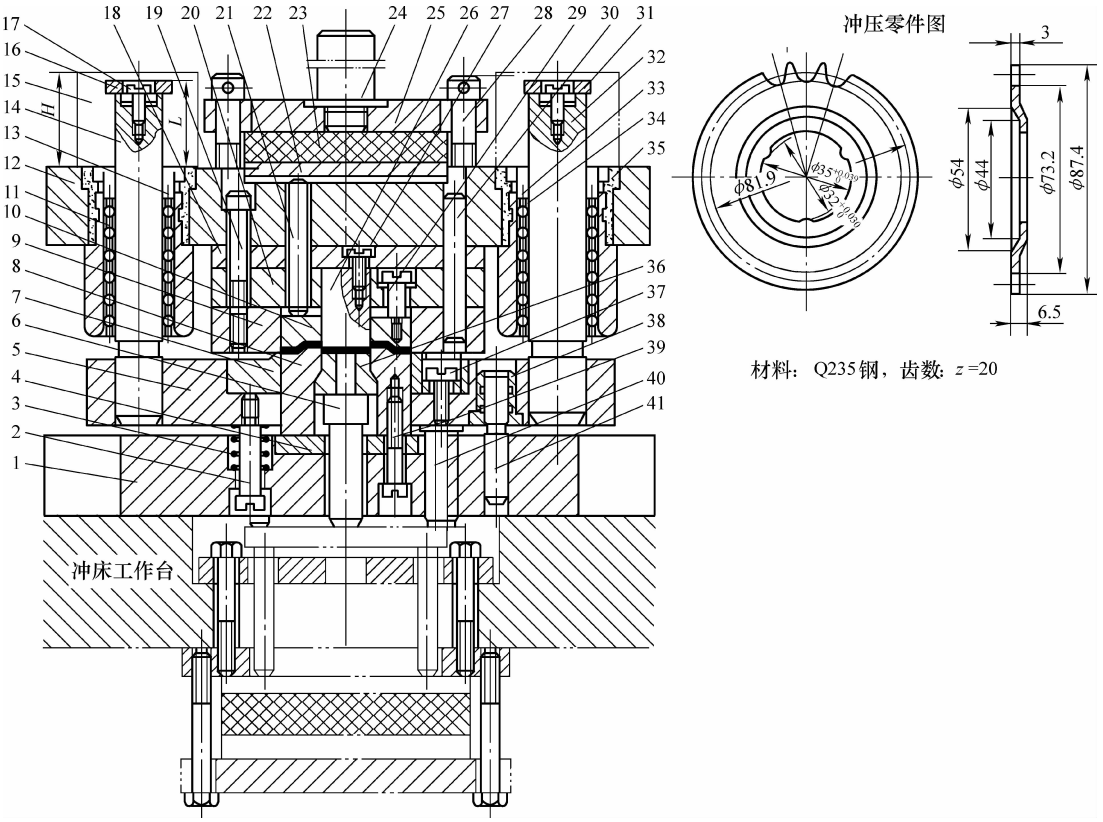


图 3-61　自行车变速器链轮（FB）简易精冲模

1—下模板　2、17、19、27、28、29、37、39—各种螺钉　3—弹簧　4、18、22—垫板　5—活动模板　6、40—顶杆　7—齿圈压板　8—凸凹模　9—凹模　10—反向推板　11—滚珠模板　12—上模板　13、33—导套　14、32—导柱　15—垫筒　16、31—挡圈　20—凸模固定板　21—顶销　23—压力垫　24—模柄　25—压板　26—冲孔凸模　30—销钉　34—钢球　35—滚珠导套　36—推板　38—小导套　41—小导柱

图 3-63 所示是尺寸相近的凸轮片采用碟簧的精冲模。该冲模除用碟簧提供 V 形齿压板压力 F_1 和反顶压力 F_2 之外，还设置了侧楔传动的滞后机构，使精冲完成的零件能完好地从凹模中推出，而不会被反向顶回到原材料搭边框中。其整体结构与图 3-62 有所不同。

图 3-64 所示是精冲小模数片齿轮的精冲模。该精冲工件是风琴零件，其主要形状结构参数与技术要求如下：

（1）材料种类与工件形状特征

1）SPCE-SD（日本牌号）深拉深钢板，料厚 t =（0.8 ±0.05）mm。

2）工件为模数 m = 0.25 的特殊渐开线齿形，齿数 77 个，齿顶圆为 ϕ19.95mm ± 0.03mm，齿高为 0.75mm，中心孔 ϕ9mm，围绕圆心的 ϕ12mm 圆周上互呈 90° 均布 4 个 ϕ1.5mm 小孔。

（2）主要技术要求

1）齿尖塌角深度不得大于料厚 t 的 20%，即 0.16mm。

2）齿顶圆与中心孔的同轴度误差 <0.04mm。

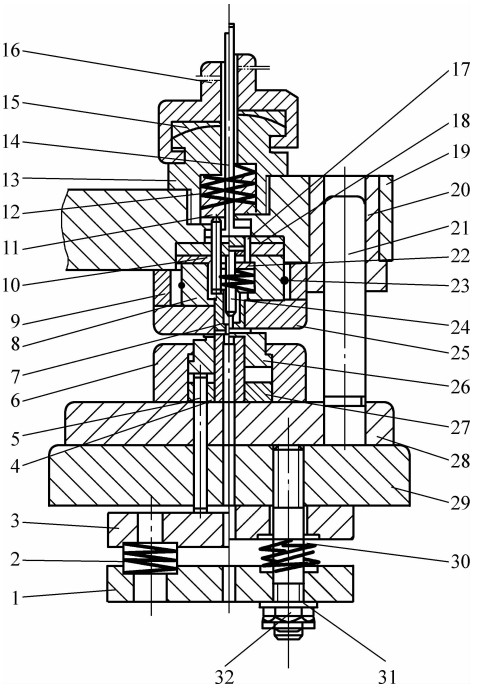


图 3-62　普通冲床上 FB 精冲用螺旋弹簧强力压边复合精冲模

1、3—压板　2、12—螺旋弹簧　4—凸凹模
5、10、17—顶杆　6—齿圈套　7—顶件器
8—夹爪组　9—空心垫板　11—弹簧垫
13—模柄　14—打料杆　15—球面垫片
16—模柄接头　18、22—垫板　19—上模座
20、21—导套、导柱　23—卡簧　24—凸模　25—凹模
26—V 形齿圈压板　27—凸凹模固定板　28—下模座
29—下模座垫　30—螺柱　31—垫圈　32—螺母

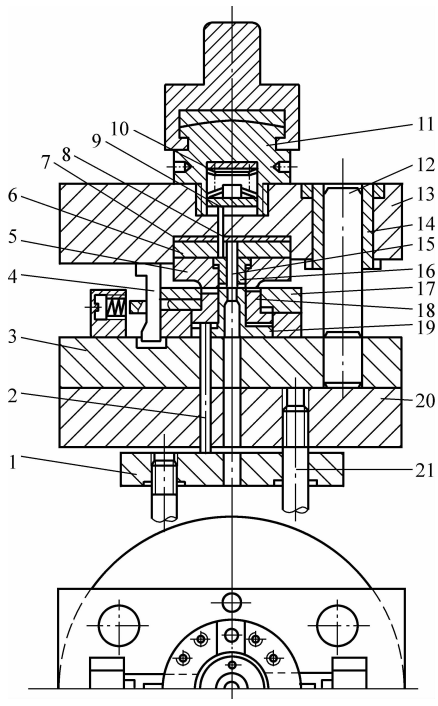


图 3-63　普通冲床上 FB 精冲用碟簧压边的复合精冲模

1—压板（托盘）　2、8—顶杆　3—下模座
4—侧楔　5—凹模　6—凸模固定板
7—垫板　9—推板　10—碟簧
11—组合模柄　12—导柱　13—上模座
14—导套　15—凸模　16—卸件器
17—盖板　18—齿圈压板　19—凸凹模
20—下模座垫　21—拉杆

3）平整，要求平面度误差 <0.01mm。

（3）使用设备及产量　公称压力为 180kN 的普通机械压力机，总产量 200 万件。

（4）精冲模设计技术参数

1）采用精冲间隙（单边）$C=0.01\sim0.015$mm。

2）模具材料及热处理：凸模、凸凹模、齿圈压板选用 Cr12MoV，工作硬度为 60 ~ 62HRC；凹模选用 W6Mo5Cr4V2，工作硬度为 61 ~ 63HRC。

3）齿圈压入材料深度，要求用扭力扳手调整弹簧强度并固定在设定值。

4）精冲件出模用压缩空气吹卸。

该精冲模使用滚动导向对角导柱滚珠导柱模架，导柱与滚珠导套之间采用 0.01 ~ 0.02mm 的过盈配合。模芯直接装在模座上，模芯采用倒装式结构。用碟簧提供下置的齿圈压板压料力 F_1 和上置反顶力 F_2，没有专门的滞后机构，仅利用上下两组碟簧组的压力差及上置反顶系统，靠带座顶杆还可用压力机打料杆协助，推出凹模内的精冲件。

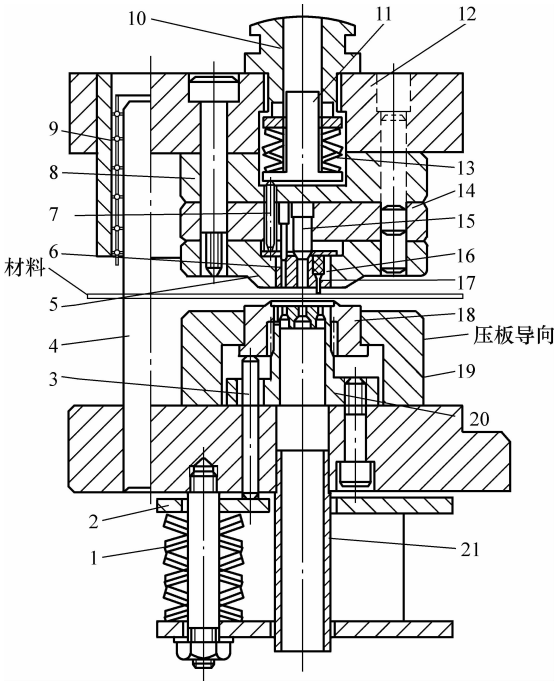


图 3-64　普通冲床上 FB 精冲用碟簧压边的小模数片齿轮复合精冲模

1—碟簧　2—推板　3—顶杆　4—导柱　5—凹模　6—冲小孔凸模　7—推杆
8—垫板　9—滚珠导套　10—模柄　11—带座推杆　12—上模座　13—碟簧
14—固定板　15—凸模　16—卸件器　17—弹顶销
18—齿圈压板　19—压板座　20—凸凹模　21—冲孔废料漏管

3.7　冲深孔及其模具设计

3.7.1　冲孔工艺对比

普通冲孔不能冲制孔径小于料厚的深孔，而且冲出孔的孔壁表面粗糙度值大，一般 $Ra \geqslant 12.5\mu m$，尺寸精度低，仍需要采用附加工序（如扩孔、铰孔）。若采用特殊的模具结构，在强力压料的情况下，以很小的冲孔间隙，能冲出孔径小于料厚的小孔，即所谓深孔。孔壁表面粗糙度值 $Ra \leqslant 1.6\mu m$，尺寸精度为 IT9 ~ IT8，孔型垂直度好。表 3-16 为普通冲孔的极限尺寸，表 3-17 为采用特殊的模具结构时能达到的技术指标。

表 3-16　普通冲孔的极限尺寸

材料种类	抗拉强度 R_m/MPa	圆孔直径 d	方孔边长 a	长圆孔孔宽 a	矩形孔孔宽 a
钢	400	$\geqslant t$	$\geqslant 0.9t$	$\geqslant 0.7t$	$\geqslant 0.8t$
	>400 ~ 700	$\geqslant 1.3t$	$\geqslant 1.2t$	$\geqslant 0.9t$	$\geqslant t$
	>700	$\geqslant 1.5t$	$\geqslant 1.35t$	$\geqslant 1.1t$	$\geqslant 1.2t$
黄铜、铜	250 ~ 320	$\geqslant 0.9t$	$\geqslant 0.8t$	$\geqslant 0.65t$	$\geqslant 0.7t$
铝、锌	110 ~ 140	$\geqslant 0.8t$	$\geqslant 0.7t$	$\geqslant 0.6t$	$\geqslant 0.6t$
纸板、纸、皮革	30 ~ 50	$\geqslant 0.5t$	$\geqslant 0.4t$	$\geqslant 0.35t$	$\geqslant 0.4t$

注：t 为料厚。

表 3-17　特殊结构冲模冲孔的极限值

冲深孔极限值	材料	圆孔直径 d	矩形孔边宽 a
	硬钢	$0.5t$	$0.4t$
	软钢及黄铜	$0.35t$	$0.3t$
	铝及锌	$0.3t$	$0.28t$
凸模材料及寿命	冲深孔凸模材料	寿命/冲次	
	T8A、T10A	10000～15000	
	Cr12、Cr12MoV	50000	
可冲最大料厚 t_{max}/mm	硬钢	≤20	
	软钢及黄铜	20	
	铝及锌	>20	

注：t 为料厚。

3.7.2　变形特点

图 3-65 所示为在料厚 7mm 的钢板上冲 ϕ2.4mm 的孔，其变形过程大致分为五个阶段：

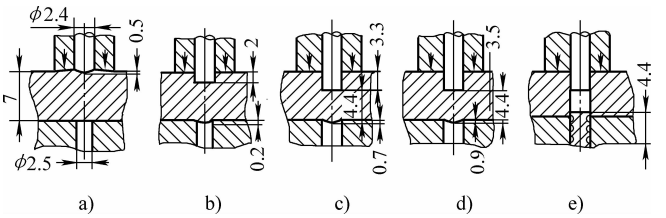


图 3-65　冲深孔的工艺过程

a）弹性变形阶段　b）塑性流动阶段　c）剪切变形阶段　d）剪裂阶段　e）推卸阶段

（1）弹性变形阶段　当凸模挤入材料 0.5mm，使材料产生弹性压缩，在凸模周围材料聚集形成不大的环状凸起。

（2）塑性流动阶段　凸模及压料板压力达到材料的屈服强度，凸模挤入材料 2mm，材料向孔周流动，并在减薄后开始挤入凹模。

（3）剪切变形阶段　当凹模进入材料 3.3mm 时，材料停止向孔周流动，大量挤入凹模，凸模刃口部分的材料应力达到抗剪强度，局部产生显微裂纹，但没有剪裂。此时冲孔力最大。

（4）剪裂阶段　凸模下行到 3.5mm 料厚处，显微裂纹在金属内部扩展并使用材料沿凹模刃口出现剪裂纹。

（5）推卸阶段　凸模下行至凹模刃口表面 0.1～0.2mm 时完成剪断，废料与孔完全分离，凸模把废料推入凹模，然后克服摩擦力，借助压料板卸料回程。

3.7.3　冲深孔模设计要点

普通冲孔模的凸模细长，在冲孔过程中，由于轴向压力超过凸模的临界压力而出现纵向弯曲。此时，凸模的临界压力虽远低于抗拉强度，也较其比例极限小，却丧失承载能力，不

能保持其稳定性。要冲制孔径小于或等于料厚的深孔、孔径小于 3mm 的甚至小于 1.5mm 的小孔，如何保证如此细小的冲孔凸模在冲孔过程中不发生纵弯折断，是冲孔模结构设计的关键。可以采取如下三种结构措施：

1）加固凸模杆部，缩短刃口工作段长度。当冲孔凸模即冲孔直径 $d=3$mm 时，将其总长度的一半加粗至$(1.5\sim2)d=D$，成为二台阶凸模。装入固定板的一端 D，埋入固定板的长度 $L_{固}$，应大于凸模总长度的 L_{Σ} 的 1/4，即 $L_{固}\geqslant25\%L_{\Sigma}$。

当 $d<3$mm 时，可将凸模制成三台阶凸模，固定端长度 $L_{固}\geqslant25\%L_{\Sigma}$，而其总长度 L_{Σ} 的一半的粗细与 $L_{固}$ 相等。凸模刃口工作段长度 $L_{刃}$ 小于（3～4）d。其余部分的长度按（2～3）d 加粗为 D_1，固定段 $D_2\leqslant2D_1$。

这种办法用于冲孔直径 $d\geqslant2$mm 时效果良好，推荐许用 $d_{min}\geqslant1.5$mm。更小的凸模直径不仅制造困难，使用效果也不能令人满意。

2）设计特殊冲孔模结构，采用超短冲孔凸模，在 4mm 料厚上冲 ϕ2mm 群孔。

3）采用细长小凸模全行程护套保护。设计与使用各种凸模护套，通过粗大、结实的护套，使其孔与凸模以合适配合，使凸模沿轴向可以活动，并进行正常工作。而径向，包围其整个圆柱面，给凸模以全行程、可靠的横向支承。冲深孔采用扇形块全行程护套的冲孔模，护套改善了凸模的受力状态并加强其纵向稳定性；凸模护套的全行程导向，消除了凸模产生纵弯曲的条件。图 3-66 所示为采用扇形块全行程凸模护套的结构及工作过程。冲深孔凸模在首次负载之后会产生≤2% 的塑性变形，并因之获得强化后稳定工作。在冲深孔过程中，因凸模开始挤入材料向孔周流动，故冲出废料小于料厚。当孔沿壁厚长度≥4d 时，孔周外廓看不到变形；当孔沿任何一边长度 <3d 时，由于材料受压向孔周流动阻力甚小，孔周形成材料不均匀流动，工件外廓产生明显变形。如果孔沿壁厚 <2d 时，将产生很大变形且冲孔力相对降低（见图 3-67）。

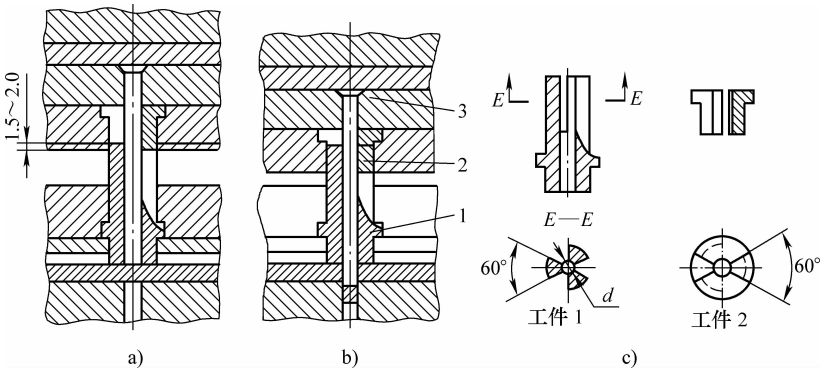


图 3-66　凸模全行程护套结构及工作过程

a）开始状态　b）冲孔结束　c）护套结构

为此，在设计模具时，必须注意以下几点：

1）设计凸模护套保证冲深孔凸模的全行程滑动导向，见图 3-67～图 3-69 和表 3-18。

2）设计装配护套的导板，使其与模架导柱导向一致，并保证导板的型孔、冲孔凸模三者同轴，其积累误差不得大于冲孔间隙之半。

3）导板兼弹性卸料板。冲深孔是在弹压卸料板压紧材料的情况下进行的。为收到良好

效果并延长模具寿命，建议压料力按冲孔力的 10% ~40% 考虑。

4）冲深孔间隙、导向间隙、冲孔凸模与其护套的配合间隙按下述原则选取：

① 当孔壁表面粗糙度要求 $Ra \leqslant 1.6\mu m$ 时，取冲孔间隙为料厚的 1% ~1.5%；当孔壁表面粗糙度值要求 $Ra > 1.6\mu m$ 时，可取冲孔间隙为料厚的 6% ~8%。

② 导向机构的导向间隙及由此而可能造成的横向偏移总和应小于冲深孔间隙。

③ 冲孔凸模与其护套的配合间隙可按 H9/h8 配合制造。在设计凸模时，要考虑凸模在首次负载之后会有 <2% 的塑性变形，凸模直径会镦粗大约 2%，凸模长度也相应缩短。

5）模具工作零件表面粗糙度值的选择和确定如下所述：

① 凸模、凹模刃口表面，要求 $Ra \leqslant 0.1\mu m$。

② 护套与凸模配合面，要求 $Ra \leqslant 0.4\mu m$。

③ 导柱、导套及导板型孔等活动部位，要求 $Ra \leqslant 0.4\mu m$，并保持良好的润滑。

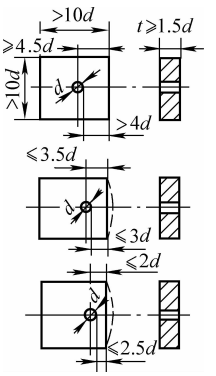
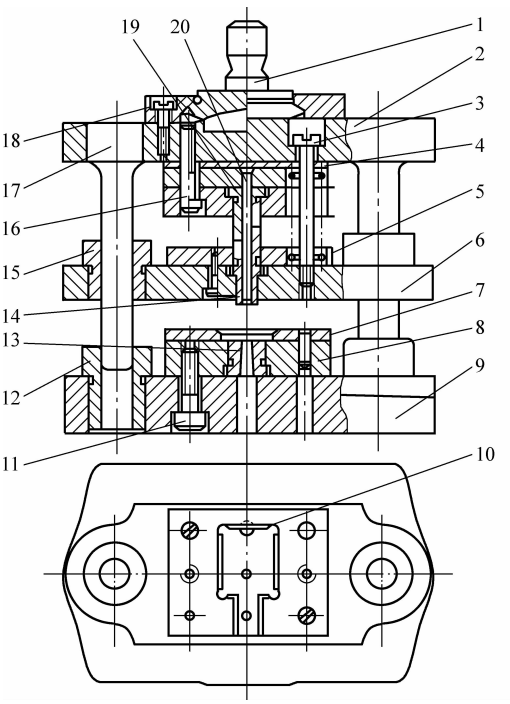
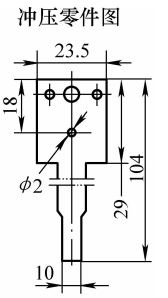


图 3-67　孔壁边距对冲深孔质量的影响





材料：20 钢，t4

图 3-68　冲深孔模

1—模柄　2、9—上、下模座　3、18—圆柱螺钉　4—垫板　5—弹簧　6—卸料板　7—定位板　8—凹模套　10—定位钉　11、16—内六角螺钉　12、15—导套　13—凹模　14、19—凸模保护套　17—导柱　20—凸模

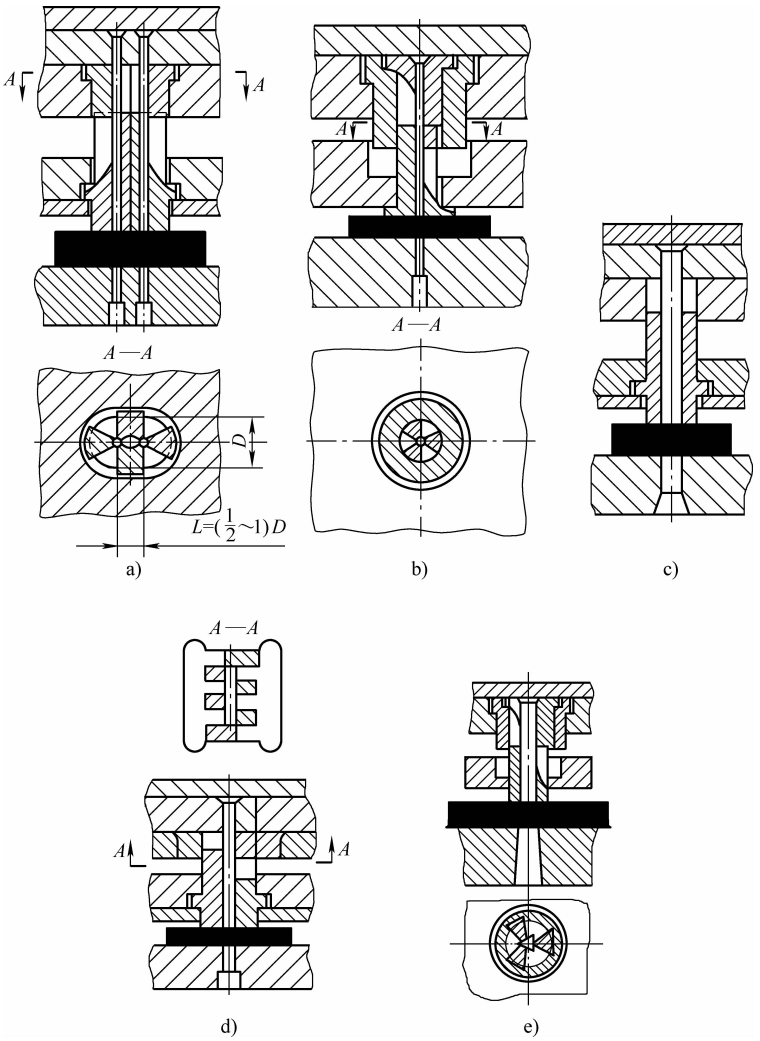
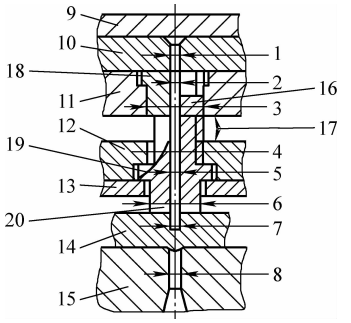


图 3-69　冲深孔模护套的结构形式

a）相距很近　b）缩短式　c）简化式　d）冲窄槽孔凸模护套　e）三角形孔凸模护套结构

表 3-18　推荐凸模护套的规格系列及公差配合　　（单位：mm）



序号	公差配合或零件名称	凸模直径 d			
		$\phi1.5\sim\phi2$	$\phi2.1\sim\phi3$	$\phi3.1\sim\phi4$	$\phi4.1\sim\phi5$
1	H9/h8	$\phi1.5\sim\phi2$	$\phi2.1\sim\phi3$	$\phi3.1\sim\phi4$	$\phi4.1\sim\phi5$
2	H9/h8	$\phi1.5\sim\phi2$	$\phi2.1\sim\phi3$	$\phi3.1\sim\phi4$	$\phi4.1\sim\phi5$

（续）

序号	公差配合或零件名称	凸模直径 d			
		ϕ1.5 ~ ϕ2	ϕ2.1 ~ ϕ3	ϕ3.1 ~ ϕ4	ϕ4.1 ~ ϕ5
3	H7/h6	ϕ8	ϕ12	ϕ15	ϕ18
4	H7/h6	ϕ8	ϕ12	ϕ15	ϕ18
5	H9/h8	ϕ1.5 ~ ϕ2	ϕ2.1 ~ ϕ3	ϕ3.1 ~ ϕ4	ϕ4.1 ~ ϕ5
6	IT9	ϕ8	ϕ12	ϕ15	ϕ18
7	$d+\Delta$	ϕ1.5 ~ ϕ2	ϕ2.1 ~ ϕ3	ϕ3.1 ~ ϕ4	ϕ4.1 ~ ϕ5
8	$d-\Delta$	ϕ1.5 ~ ϕ2	ϕ2.1 ~ ϕ3	ϕ3.1 ~ ϕ4	ϕ4.1 ~ ϕ5
9	垫板厚	3 ~ 5	3 ~ 5	5	5
10	固定板厚	8	8	12	14
11	护套固定板	10	10	15	18
12	护套盖板厚	8	8	12	12
13	护套下夹板厚	4	4	4	4
14	原材料				
15	凹模				
16	扇块进入高度	1	2	2	3
17	开启高度	6	9	12	16
18	台厚	4	4	4	4
19	台厚	3.5	3.5	5	5
20	直径	ϕ13	ϕ18	ϕ21	ϕ24

3.8　冲裁模主要工作零件的设计与选材

冲裁是分离板料获得各种孔形的孔和不同形状平板零件的主要手段。冲裁所用冲模多而广，除单工序冲裁模外，还有多工位冲孔、落料连续冲裁模和单工位多工步复合冲裁模。

3.8.1　冲裁模自然失效的原因和选材对策

普通全钢冲裁模无论设计何种结构，也无论有无导向装置以及采用何种导向装置，其主要工作零件都只有冲裁凸模、冲裁凹模、用于复合冲裁的凸凹模及凹凸模。此外，还有多工位连续冲裁模上经常采用的裁搭边凸模、切废凸模和废料切刀及切边定距（送料进距）的侧刃，以及利用侧刃进行成形冲切和落料冲切的成形侧刃凸模和落料侧刃凸模等。这些凸模和凹模都有分离材料和坯件的刃口，在冲切并分离材料的过程中，必然与材料在强压下接触并相对移动，因而产生摩擦，出现磨耗。冲切刃口在连续、高压下不停运作，分离钢铁材料伴随有 800 ~ 1000°C 的高温，使刃口升温而强化摩擦，增大磨耗，时间长了便使冲裁刃口产生肉眼可见的磨损，即自然磨损。当这种自然磨损达到一定程度时，冲裁刃口会变钝，冲出的工件毛刺大、不合格，冲模临时失效，就应刃磨冲模刃口；当刃口磨损严重时，冲出的工件尺寸超差，就应立即停产修理，采取各种修理工艺技术，回复冲模的工艺技术功能，使失效冲模变成合格冲模，直到无任何修理手段使冲模完全恢复原有工艺技术功能或冲模刃口磨损到无修理价值时，冲模成为永久失效冲模，只能报废回炉。对于这种自然磨损而失效的冲模，应采用各种措施，提高刃口的耐磨能力。其中最主要的措施，就是选用更好的制造冲裁凸模和冲裁凹模等零件的材料并提高热处理技术水平，提高冲裁模寿命。冲模工作零件用料及热处理见表 3-19。

表 3-19　冲模工作零件用料及热处理

工艺作业类型	冲模名称	冲模工作条件	使用材料牌号		热处理硬度　HRC	
			推荐的	可代用的	凸模	凹模
板料剪切、型材切断、裁板及剪截	平刃剪板刀 斜刃剪板刀 摆式剪板机刃口	剪切薄板 $t \leqslant 3$mm	MnCrWV	T8A、9CrWMn	上剪刃：57～60	下剪刃：60～62
		剪切中厚板 $t > 3 \sim 10$mm	9SiCr	T10A、9CrWMn	上剪刃：56～58	下剪刃：58～60
		厚板剪裁 $t > 10$mm	5CrW2Si	5CrMnMoV	上剪刃：55～57	下剪刃：56～58
	圆盘剪刃口	曲线剪切薄板 $t \leqslant 3$mm	9SiCr	Cr12MoV	圆盘剪刃：57～60	
		曲线剪切中厚板 $t > 3 \sim 10$mm	5CrW2V	—	圆盘剪刃：52～56	
		曲线剪切厚板 > 10mm	5CrW2V	—	圆盘剪刃：52～54	
	型材剪截及冲裁模	圆钢直径 $d = 5 \sim 20$mm 长棒料	T8A	Cr12	活动凹模 56～58	固定凹模 58～60
		圆钢直径 $d = 10 \sim 25$mm 短棒料	Cr12MoV	Cr12	活动凹模 58～60	固定凹模 60～62
		角钢、槽钢剪截、冲裁加工	Cr12MoV	W6Mo5Cr4V2	58～60	60～62
		壁厚 $t = 1 \sim 2$mm 管材剪截、切口	Cr12MoV	Cr12	58～62	60～64
		异形断面型材切断	Cr12MoV	Cr12	58～62	60～64
冲孔、切口、切边、剖切	冲孔模 切凹口模 冲槽孔模 落料模	薄钢板 $t = 0.5 \sim 3$mm	T8A	T10A	58～60	60～62
		中厚金属板 $t > 3 \sim 4.75$mm	9CrWMn	CrWMn	58～62	62～64
		厚钢板 $t > 4.75 \sim 10$mm	9SiCr	9CrWMn	54～56	58～60
		特厚钢板 $t > 10$mm	5CrW2Si	W6Mo5Cr4V2	52～54	54～56
光洁冲裁整修、简易精冲孔、冲深孔、简易精冲落料、建议精冲复合冲裁	负间隙精冲模、微间隙圆角刃口精冲模、普通压力机上用 FB 简易精冲模、OD 简易精冲模	普通机械压力机上进行各种形式的光洁冲裁 $t = 0.5$mm～12mm，简易精冲 $t > 0.5 \sim 10$mm	Cr12MoV	W18Cr4V、Cr12	60～62	62～64
专用 NC 精冲机和 CNC 精冲机组 FB 精冲、OD 精冲	各种精冲模	FB 精冲 $t > 0.5 \sim 16$mm OD 精冲 $t > 1 \sim 20$mm	Cr12MoV W6Mo5Cr4V2	W18Cr4V	60～62	62～64
箔、超薄料冲裁	滚动导向模架高精度冲裁模	金属板料 $t = 0.1 \sim 0.5$mm	T10A Cr12	T8A	60～62	62～64

在线冲裁模还会因结构设计不良、热处理缺陷，有时偶尔会出现冲裁模中的细长小凸模折断、疲劳变形及镦粗等，使冲模失效，但多数可通过大修冲模，更换新的冲裁凸模或凹模加以解决。

3.8.2　冲裁模主要工作零件的种类及其结构设计

1. 冲裁凸模的类型、结构及其设计

概略地讲，冲裁是冲孔与落料的总称。冲裁凸模就包括冲孔凸模和落料凸模两大类。由于冲孔凸模尺寸决定冲孔件的冲孔形状及尺寸，虽然多数冲孔工件的孔形为圆形孔，但在钟表、仪器仪表、复印机、电影放映机、IC（集成电路引线框）等精密机械和高精电器元件及集成电路引线框等制造业，冲制深孔、小孔、异形孔、宽度小于 0.5mm 窄长槽和直径 $d \leqslant 1$mm 的孔并不罕见。长期对各种冲裁模运作过程的观察、监控以及寿命与修理记录的汇总统计分析得知，冲孔直径 $d \leqslant t$ 的小孔凸模，容易在工作过程中产生纵弯而增加偏载，冲孔凸模出现严重变形、断裂而使冲模突然失效。因此，冲小孔凸模、冲深孔凸模、精冲孔凸模以及穿刺翻孔凸模、穿孔翻边凸模等需要考虑其承载纵弯变形刚度不足的缺陷，设计出好的结构形状，使这类细长小凸模具有良好的刚度和抗纵弯能力，甚至负载工作只承受纵向压力。

落料凸模与匹配的落料凹模构成落料冲裁模主体。落料件的尺寸取决于落料凹模，通常是依减小凸模尺寸获得冲裁间隙。因此，落料凸模的刃口平面形状及尺寸，都要与其凹模匹配。常用冲裁凸模的结构类型见图 3-70。

冲裁凸模可大致分为整体式和分体式两种。整体式圆凸模的类型及结构形式见图 3-71。

对于细长小凸模，主要是冲圆孔小凸模，其安装及加固结构形式，见图 3-72。

对于单独的或相邻有大孔凸模的冲小孔凸模，采用局部护套加固，见图 3-73。

对于非圆孔小凸模采用加粗其杆部为圆杆或方杆、矩形断面杆，增强其刚度和抗纵弯能力，而其工作端仅按刃磨需要留足（3～5）t 的工作长度，见图 3-74。

对于具有群孔及不等孔径细长小凸模实施各种组合加固结构，见图 3-75。

对于非圆异形断面冲小孔凸模也可采用夹板加固结构，见图 3-76。

对于万能通用冲孔模，冲孔凸模要经常换，以满足不同孔径的更多孔的冲制。为此，应设计凸模的快换结构，详见图 3-77。

对于非圆异形冲裁凸模，在工作过程中，由于强压和振动，容易旋转。非圆异形冲孔凸模很少旋动都会使凸模与凹模刃口相撞，造成模具损坏。为防止凸模旋转，可选用图 3-78 所示非圆异形冲裁凸模的防止旋动结构形式。

2. 冲裁凹模的类型、结构及其设计

与冲裁凸模不同，冲裁凹模都为板状，有圆凹模、矩形凹模，并且都已纳入机械行业标准（JB）。但是，凹模孔必须按冲压零件形状与尺寸，依要求冲裁工艺、间隙 C 值大小，以及是落料还是冲孔、要求冲压精度等级加工凹模孔。凹模板的标准件，只能是一个标准给定外形尺寸系列的代加工模孔的半标准件，见图 3-79。

冲裁凹模也有整体式和分体式两种。分体式凹模多为大中型落料件凹模，一般为制模加工方便、节省模具钢，而采用镶拼组合结构。也有为修理方便，在形状复杂部位刃口，采用镶嵌结构的。

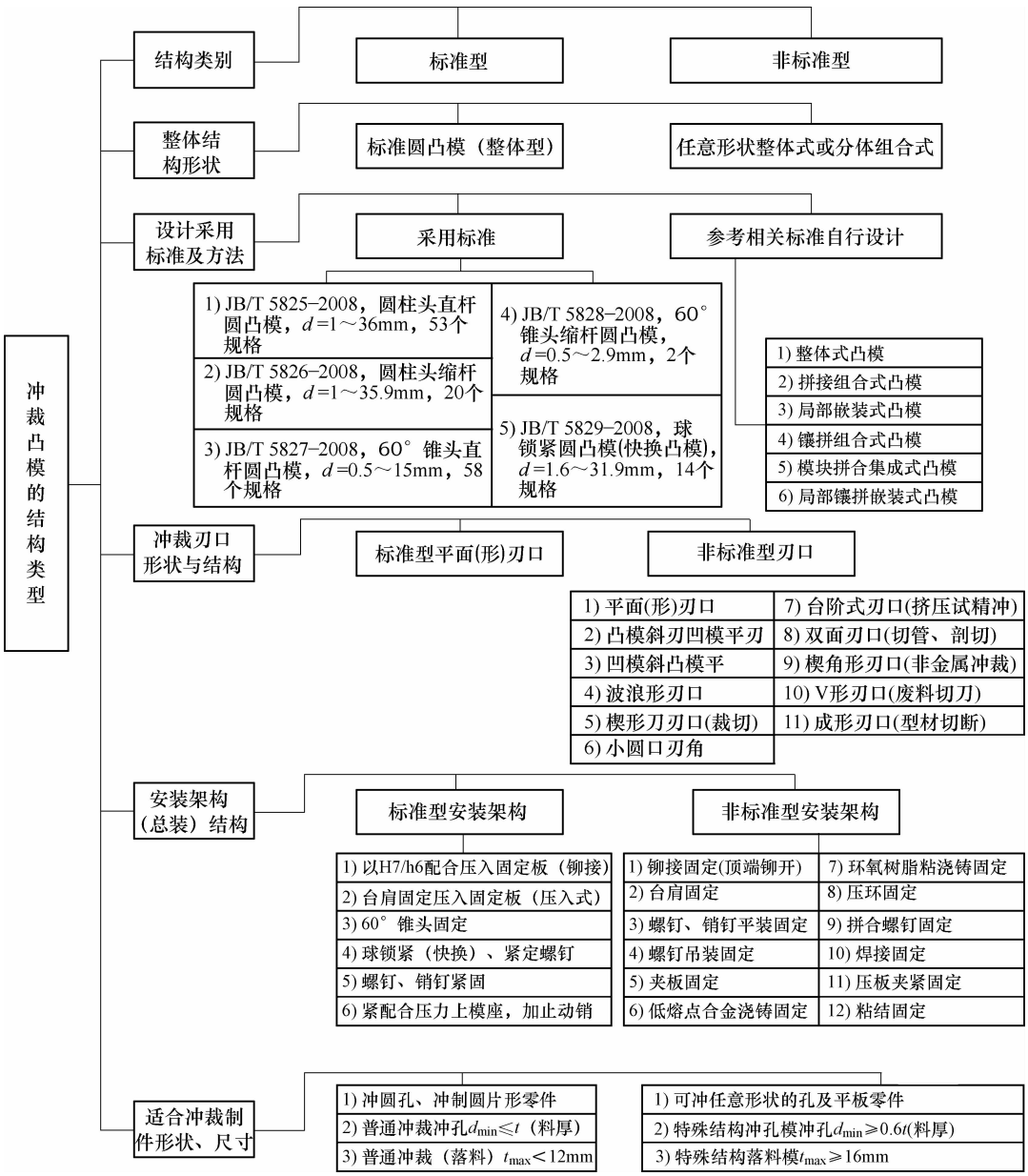


图 3-70　常用冲裁凸模的结构类型

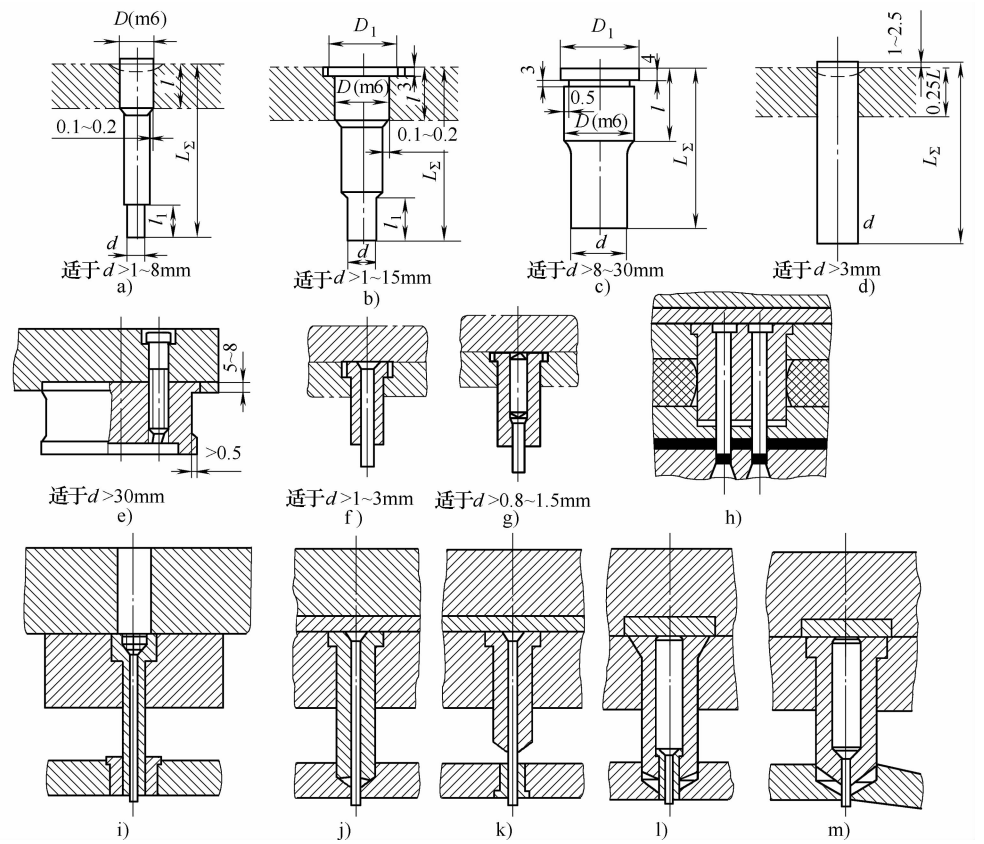


图 3-71　整体式圆凸模的类型及结构形式

a）、d）铆接固定　b）、c）台肩固定

e）大型圆凸模、螺钉吊装（嵌入模座沉孔中）　f）~ m）整体包套圆凸模各种结构形式

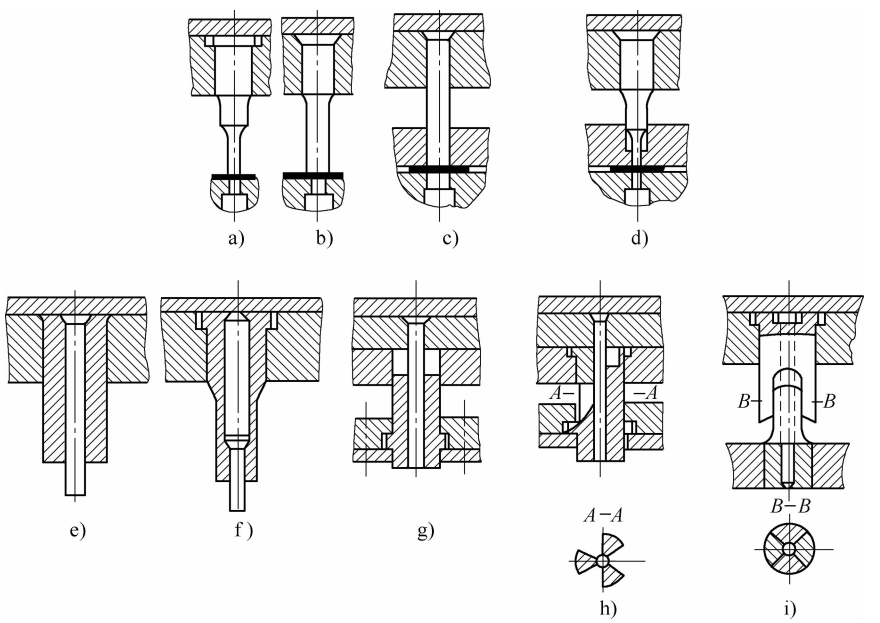


图 3-72　冲小圆孔、冲深孔细长小凸模及超短小凸模的安装及结构形式

a）、b）无导向冲模的冲孔凸模　c）导板导向的直通式冲孔凸模　d）导板导向的台阶式冲小孔凸模

e）、f）包套小孔凸模，f）为超短凸模　g）~ i）专用护套冲小孔、冲深孔凸模

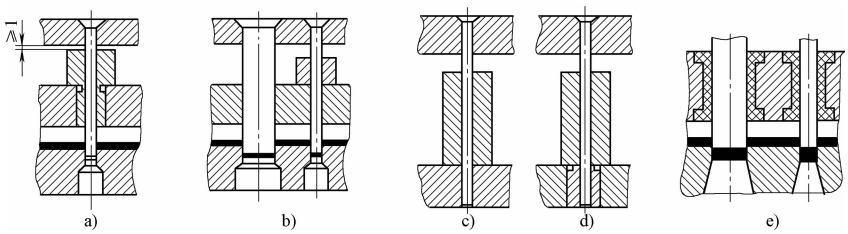


图 3-73　细长小凸模局部护套加固结构形式

a）、c）、d）单独的细长小凸模局部护套加固的结构形式

b）、e）与大孔凸模相邻的小凸模局部护套加固的结构形式

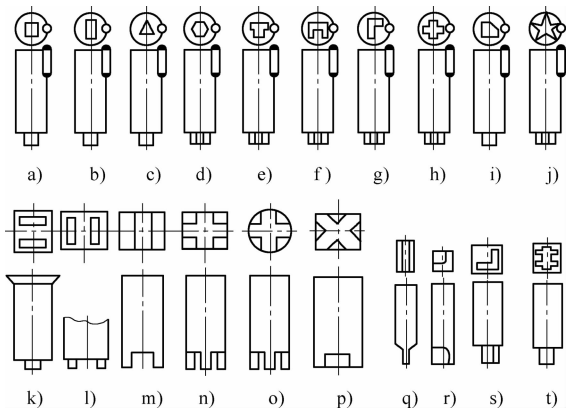


图 3-74　细长小凸模粗杆加强结构形式

a）～j）非圆孔小凸模杆部加粗成圆杆的加强结构形式

k）～t）非圆孔小凸模杆部加粗成方杆、矩形杆的加强结构形式

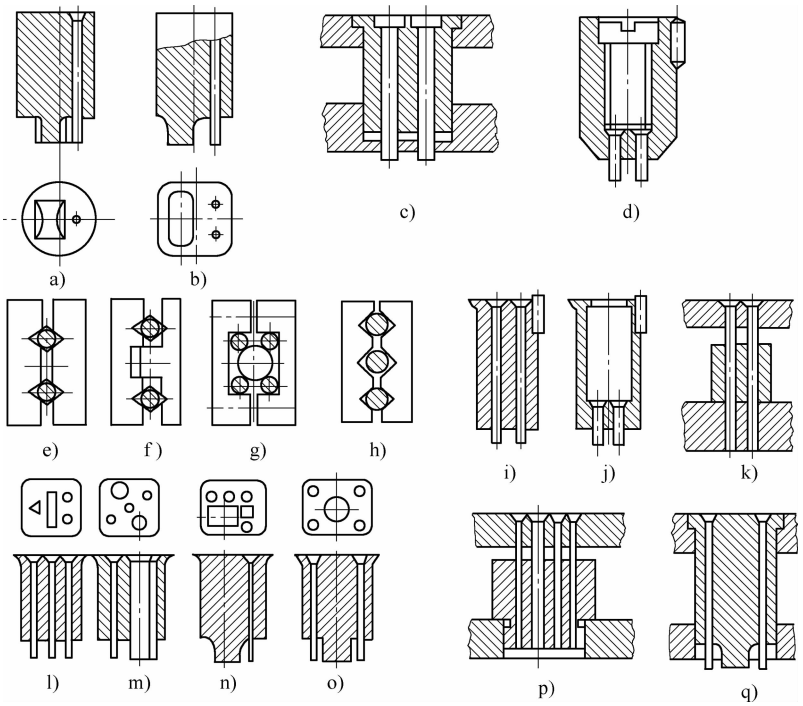


图 3-75　群孔及不等孔径细长小凸模的组合加固结构

a）、b）不同孔形的粗杆加强结构形式　c）、d）相近小凸模的包套加固结构形式

e）、f）、h）夹板加固结构形式　i）、j）、g）铆接紧固的包套结构形式

l）～o）群孔凸模的组合包套结构形式　k）、p）、q）群孔凸模的局部护套结构形式

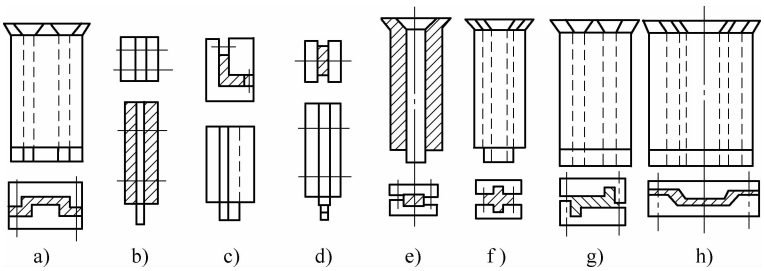


图 3-76　非圆异形小冲裁凸模的加固结构形式

a）、e）~ h）类包套夹板型加固结构形式　b）~ d）夹板式加固结构形式

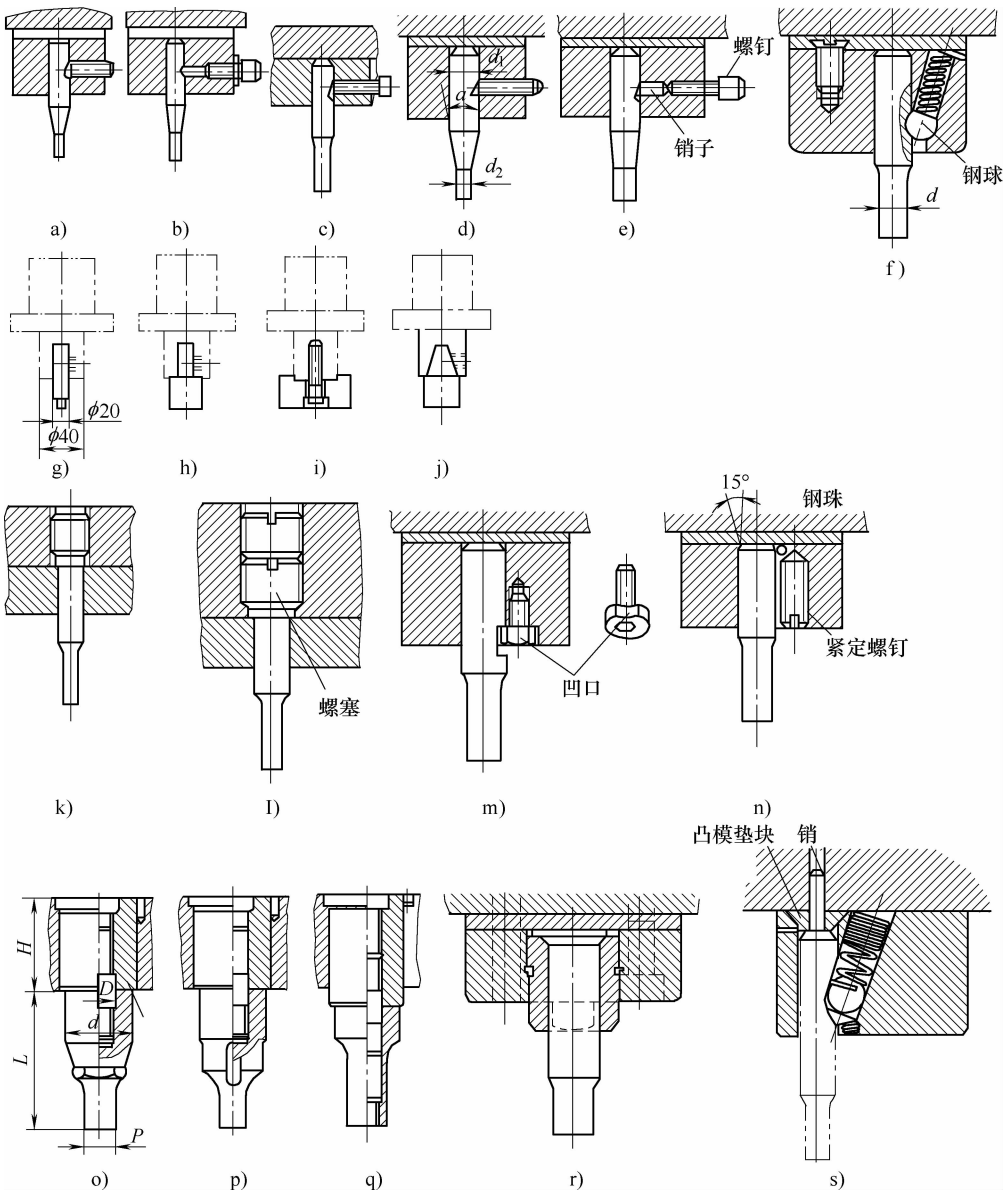


图 3-77　快换圆凸模的主要结构形式

a）~ e）、g）~ j）、m）n）用紧定螺钉固定的快速凸模　k）、l）用螺母固定的快换凸模

f）、s）用钢球加弹簧固定的快换凸模　o）~ r）用螺纹套锁紧的快换凸模

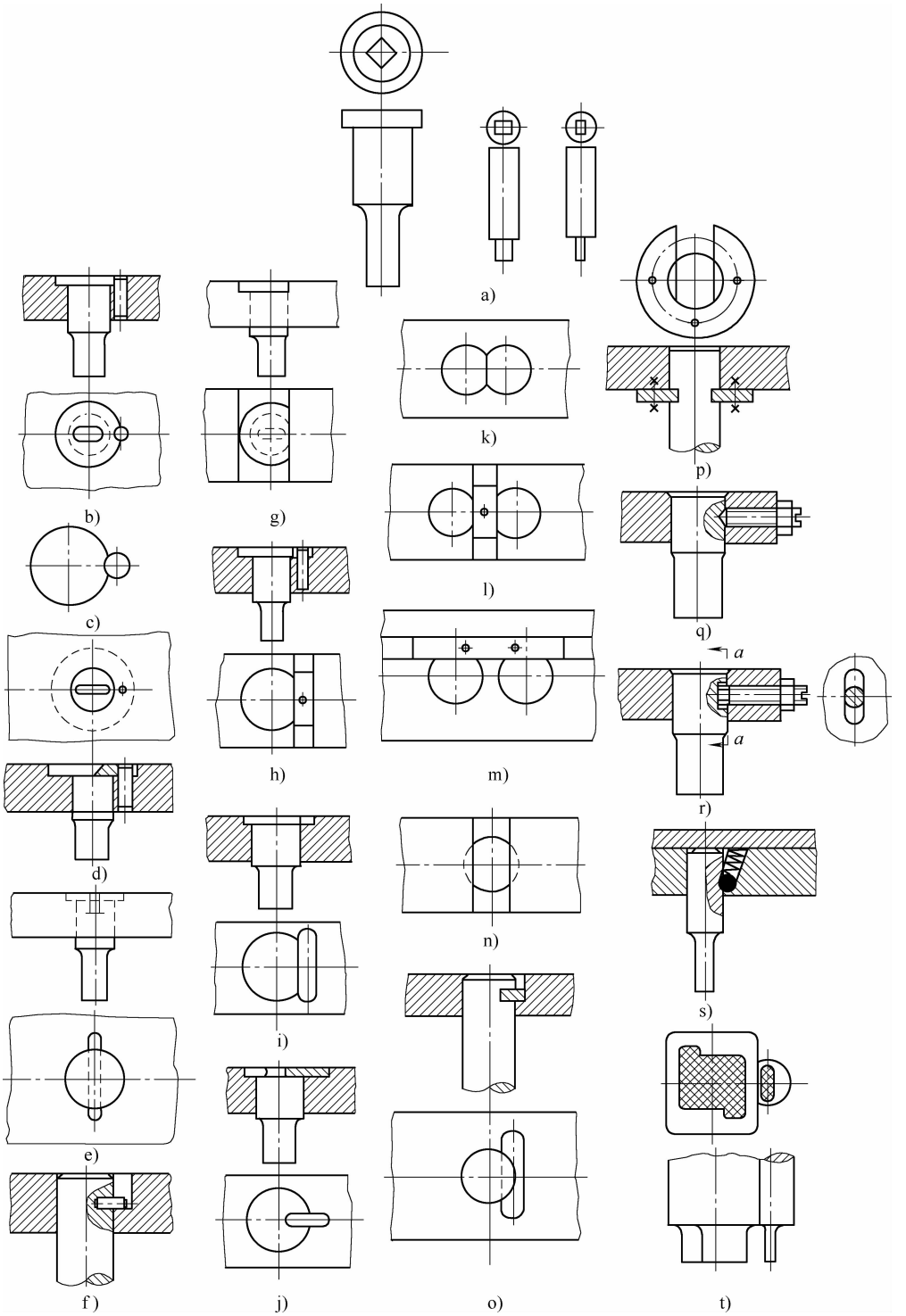


图 3-78　非圆异形冲裁凸模的防止转动结构

a）有凸肩和直通的加强圆杆冲非圆孔凸模（必须加防转动销、键）　b）～d）、f）用止动销防转动结构　e）、g）～j）、n）、o）用键的防转动结构　k）～m）、t）并排相临近的两个凸模的防转动结构　p）用卡环的防转动结构　q）、r）用紧定螺钉的防转动结构　s）用钢球和弹簧的防止动球锁紧机构

冲裁凹模刃口形状因采用不同冲裁工艺或为收到更好的减噪效果而有很多种类，见图 3-79。表 3-20 给出冲裁凹模板模孔边距、壁厚和孔间壁厚等，可供设计使用。

图 3-80 所示为常用冲裁凹模洞口的结构类型，表 3-21 列出了冲裁模凹模洞口形状及其刃磨增量，可供设计冲模和使用冲模使用。

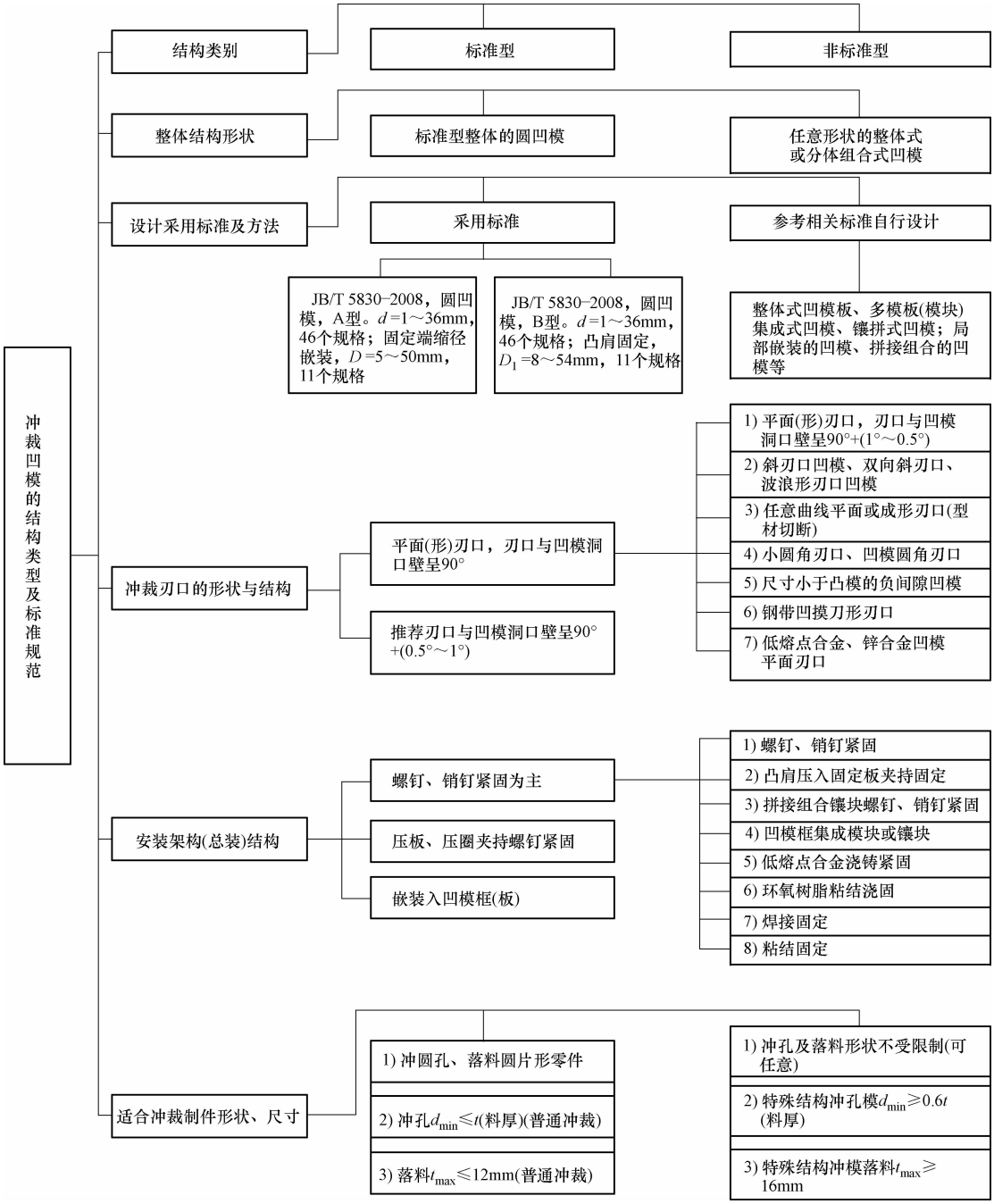
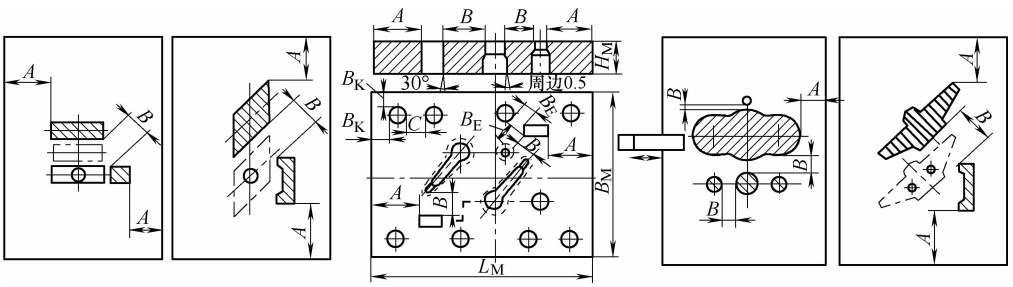


图 3-79　常用冲裁凹模的结构类型

表 3-20　冲裁凹模板尺寸及其模孔间壁厚



序　　号	冲压料宽	冲压件料厚 t/mm				备　　注
1. 刃口边壁	B/mm	≤0.8	>0.8～1.5	>1.5～3.0	>3.0～5.0	
		模孔边距 A_{min}/mm				推荐值
1）	≤40	22	24	28	32	
2）	>40～50	24	27	31	35	
3）	>50～70	30	33	36	40	
4）	>70～90	36	39	42	46	
5）	>90～120	40	45	48	52	
6）	>120～150	44	48	52	55	
7）	>150	>45	>50	>55	>60	
2. 刃口壁厚	冲压材料强度 R_m/MPa	模孔间壁厚 B_{min}/mm				推荐值
1）	≤350	2.5	3.5	5.0	6.0	
2）	>350～500	3.0	4.0	7.0	9.0	
3）	>500～700	4.0	6.0	10.0	12.0	
3. 紧固孔	紧固螺栓直径/mm	紧固孔壁厚最小值/mm				推荐值
		边距 B_K		B_{Emin}	C_{min}	
		B_{Kmin}	推荐 B_K			
1）	M6～M8	8	10	12	6	
2）	M10～M12	10	12	14	8	
3）	M14～M16	12	15	18	10	
4）	M18～M20	14	18	24	12	
5）	M22～M24	16	22	28	14	
4. 模板厚	使用压力机公称压力/kN	凹模板厚度 H_M/mm				按 Cr12MoV 考虑
		推荐值		最大值		其他材料适当调整
1）	31.5～63	10～14		16		
2）	100	12～16		20		
3）	160～200	14～20		25		
4）	250～300	16～22		28		
5）	350～400	18～25		32		
6）	500～630	20～28		35		
7）	800～1000	22～32		38		
8）	1250～2000	25～38		42		
9）	2500～3150	30～45		50		
10）	4000	38～48		56		

注：1. 优先推荐使用凹模板材料为：T10A、9Mn2V、Cr12MoV、Cr12、Cr6WV 等碳素工具钢与合金工具钢。

2. 初步尺寸确定后，再按冲模结构需要调整，其调整范围一般控制在 ±5mm。

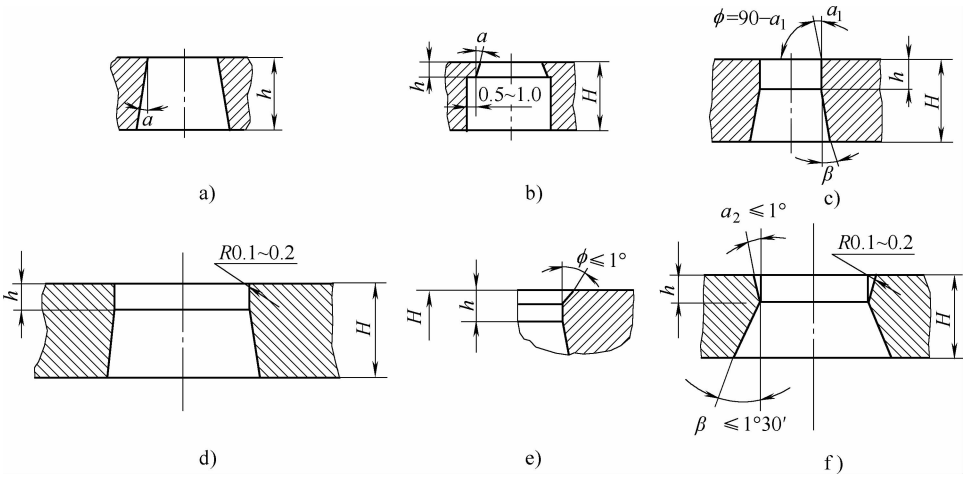


图 3-80　冲裁凹模洞口常用结构类型

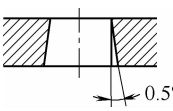
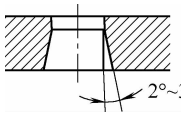
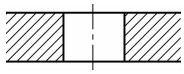
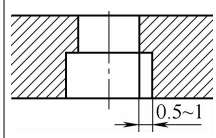
注：1. $\alpha=15'$、$30'$、$45'$、1°、1.5°、2°、3°，按需要选取。

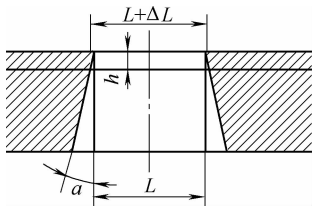
2. $h\geqslant$（2～30）t + 总刃磨量。

3. $\beta=1°30'$、2°、3°可视需要选取。

4. y—总刃磨量，按 20～25 次刃磨计，每次刃磨量为 0.10～0.20mm。

表 3-21　凹模洞口形状及其刃磨增量

推荐的凹模洞口结构	锥形洞口	直壁加锥形落件洞口	全直壁洞口	直壁台阶洞口
简图				



刃磨量 h/mm	凹模洞口锥角 α/(°)					
	0.25	0.5	1	1.5	2	3
	刃磨后尺寸增量 ΔL/mm					
0.1	0.00087	0.0017	0.0035	0.00525	0.0070	0.0105
0.2	0.0017	0.0035	0.0070	0.0105	0.0140	0.0210
0.6	0.0052	0.0105	0.0209	0.0314	0.0419	0.0629
0.8	0.0070	0.0140	0.0279	0.0419	0.0558	0.0838
1.0	0.0087	0.0175	0.0349	0.0524	0.0698	0.1048
1.4	0.012	0.025	0.049	0.037	0.098	0.147
2.0	0.017	0.035	0.070	0.105	0.140	0.210
2.6	0.023	0.046	0.091	0.136	0.182	—
3.0	0.026	0.053	0.105	0.157	—	—
3.8	0.033	0.067	0.133	0.199	—	—

（续）

刃磨量 h/mm	凹模洞口锥角 α/(°)					
	0.25	0.5	1	1.5	2	3
	刃磨后尺寸增量 ΔL/mm					
4.0	0.035	0.070	0.140	—	—	—
5.0	0.044	0.088	0.175	—	—	—
6.0	0.052	0.2105	0.209	—	—	—

注：1. 推荐凹模洞口斜度 α 值：$t \leqslant 0.5$mm，取 $\alpha = 0.25°$；$t > 0.5 \sim 1.0$mm，取 $\alpha = 0.5°$；$t > 1.0 \sim 3.0$mm，取 $\alpha = 1°$；$t > 3.0 \sim 5.0$mm，取 $\alpha = 1.5°$；$t > 5.0$mm，取 $\alpha = 2° \sim 3°$。

2. 总刃磨量 h 与刃磨次数、每次刃磨量有关。通常情况下，每次刃磨量 h 为 0.1 ~ 0.2mm，一般冲模的总刃磨次数 $n > 20$ 次。

3. 冲裁凹模的平面刃口尺寸 L，每刃磨一次其尺寸增量 ΔL，除加大 L 值外，冲裁间隙也随之变化，冲裁件误差也逐渐加大。

第 4 章　复合模与连续式复合模的结构设计

通常所说的复合模，是指单工位有复合冲压动作的冲模，即在压力机滑块的一个冲压行程中，在冲模的同一工位上，能完成两个或两个以上冲压工步的冲模。对于完成两个或两个以上冲裁工步的复合模，称之为冲裁式复合模，也称复合冲裁模。对于既有冲裁工步，又有诸如拉深、翻边、弯曲、卷边、卷圆等一个或几个这种成形工步的复合模，国内是按其完成的成形工艺作业内容而命名的。例如：落料拉深复合模，通称拉深复合模；冲孔、翻边、落料、拉深的多工步复合模，则依其主导冲压工艺命名，该冲模称之为翻边拉深复合模；对于单工位复合模，这种命名及分类方法尽管至今尚无标准可依，但在实践中被广泛采用。

对于多工位连续模，特别是一些具有多种成形工艺作业工位，具有复合冲裁或复合冲压工位的连续模，情况就比较复杂。关于其分类方法及命名方法，国内至今尚无统一的标准。即便是连续模这个名称，国内至今还有跳步模、级进模、程序模、顺序模等多种名称，在已知的多个冲压专业相关的标准中出现。

冲模名称涉及冲模的结构类型及其复杂程度，冲模及其零部件作为商品进入市场参与流通，科学而准确的分类及命名就更显得重要了。

4.1　复合模的结构类型及设计要点

4.1.1　复合模与综合式复合模

德国工程师协会（VDI）编辑出版的《技术准则手册》（《VDI-Richtlinie》）中，在 VDI3351 Verbundwerkzeug 复合模（VW）一篇，将只有一个工位进行复合冲压的复合模分为冲裁式复合模和综合式复合模两大类。

冲裁式复合模（Gesamtschneidwerkzeug，缩写为 GSW）即复合冲裁模，德文中亦称 Gesamtschnitt，这与国内不仅名称一致，而且结构也基本相同，不再赘述。

综合式复合模（Gesamtverbundwerkzeug，缩写为 GVW）则在国内至今尚无这个名称。在单工位复合模的冲压工步中，如果除落料、冲孔等冲裁分离工步外，还有一个或几个诸如拉深、弯曲、翻边、冲挤等变形工步，在同一次冲压行程中，在一个模具工位上，进行分离与变形复合冲压作业的冲模，称为综合式复合模。

上述两大类复合模在国内已得到普遍应用，尤以复合冲裁模使用更为广泛。就复合冲裁模而言，其结构定型，标准化程度很高。这种复合模通常分为顺装和倒装两种结构形式。早在 1981 年 12 月发布，并于 1984 年 1 月实施的 GB/T 2851～2875—1981 冲模相关标准中，就已纳入了落料凹模装在上模的倒装结构复合模典型结构组合。该标准按凹模板形状与厚、薄规定出矩形厚凹模、矩形薄凹模、圆形厚凹模、圆形薄凹模四种典型结构组合，总计 86 个规格，可供设计选用。但这四种典型组合都是倒装结构，加上凹模的厚、薄没有界定标准数值，其使用范围有限且很不方便，因而难以推广普及。在 1995 年，被调整为机械行业标准，即 JB/T 8067.1～4—1995 冲模复合模典型组合。

在现场经常使用的还有顺装结构的复合模。这种将落料凹模装在下模的复合模，与倒装结构的复合模一起，是两种结构定型、使用广泛、优缺点互补的常用复合模结构形式。但顺装结构复合模，一直未纳入国家标准（GB），也未纳入机械行业标准（JB）。

4.1.2　综合式复合模的结构类型及特点

与复合冲裁模一样，综合式复合模也有顺装式与倒装式两种结构形式。下面结合典型结构实例进行介绍。

1. 顺装结构的综合式复合模

图 4-1 所示为一个具有宽凸缘的圆筒拉深件用综合式复合模。该工件是采用单列有搭边排样，使用板裁条料，一次落料—拉深成形。其主要结构特点如下：

1）弹压卸料板装在上模座上，简化了冲模结构并缩小了冲模的闭合高度，为拉深件模上卸件出模留出足够空间。通常情况下，冲模开启后，上下模的空间距离必须大于拉深件高度，才能使其顺利出模。因此，冲模拉深行程 H_0 应大于拉深件高度 $H_{件}$ 两倍以上，一般取 $H_0 \geqslant (2.1 \sim 2.5) H_{件}$。该拉深件高 $H_{件} = 42.7\text{mm}$，$H_0 = 89.67 \sim 106.75\text{mm}$，取 $H_0 = 100\text{mm}$。

2）由落料凹模、顶件器、拉深凸模等构成的下模，直接嵌装在具有四台阶沉孔的下模座中，不仅有效地压缩了冲模闭合高度，更主要的是提高了制模工艺性和冲模的整体刚度和稳定性。这种结构可以在规格合适的车床上一次装夹，完成下模座嵌装四台阶沉孔的加工，使其具有最佳的同轴度。均为圆柱体的落料凹模、顶件器、拉深凸模可在车床上按配合要求精车到位，并研磨抛光完成加工，制模工艺性甚佳。

3）该冲模的送料定位系统由固定挡料销和侧挡销构成，不仅较经济而且制造方便，使用也可靠、安全。

4）该冲模的推卸系统采用下模弹顶与拉深压边，上模用打料杆刚性推卸，经济而适用。

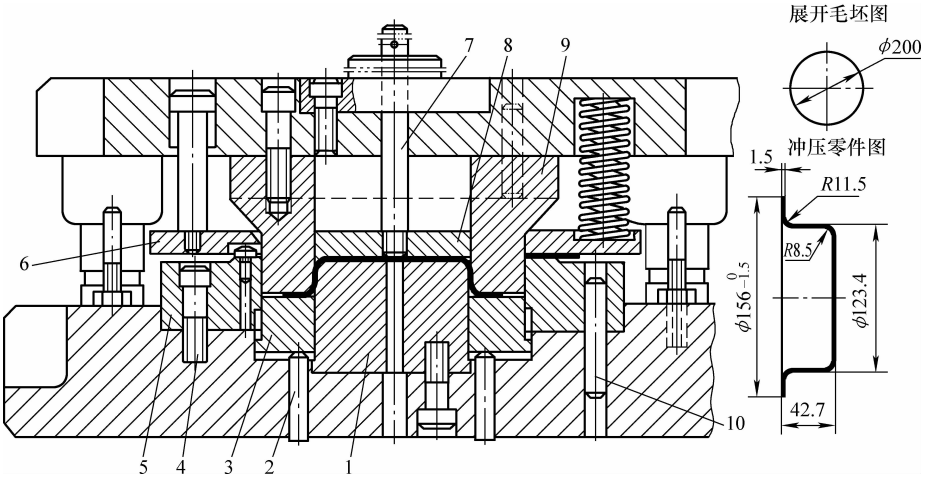


图 4-1　宽凸缘圆筒拉深件综合式复合模

1—拉深凸模　2—顶杆　3—顶件器（压边圈）　4—螺钉　5—凹模
6—弹压卸料板　7—打料杆　8—推板　9—凸模　10—销钉

图 4-2 所示为精密仪表用 H62 黄铜罩壳拉深件的综合式复合模。该零件是用带料经落料—拉深成截锥筒—成形与切边—冲孔五工步完成。该冲模采用滑动导向中间导柱标准模架，设计为常见的顺装结构。用橡胶作为弹性元件，用于弹压卸料板及下弹顶与拉深压边，具有

比弹簧更平稳的施压特点，噪声也较小。落料凹模及凸凹模均为整体结构，用车削加工便可获得很好的尺寸与几何精度。由于凸凹模承担着拉深凸模、冲底孔、内孔边压形，以及外圆切边的多重作用，尺寸虽小但受力复杂，故用 Cr12MoV 高级优质合金工具钢制造，型面与刃口均经研磨抛光，表面粗糙度 Ra 达到 0.1 ~ 0.4μm。其头部成形面形状及尺寸要确保工件顶部 R1.7mm 部位成形完好，外圆切边刃口的台阶宽度应与工件料厚匹配，否则工件会产生过大毛刺甚至扳边。切边间隙应控制在 5%t 以内（单边），不然也会产生过大切边毛刺。

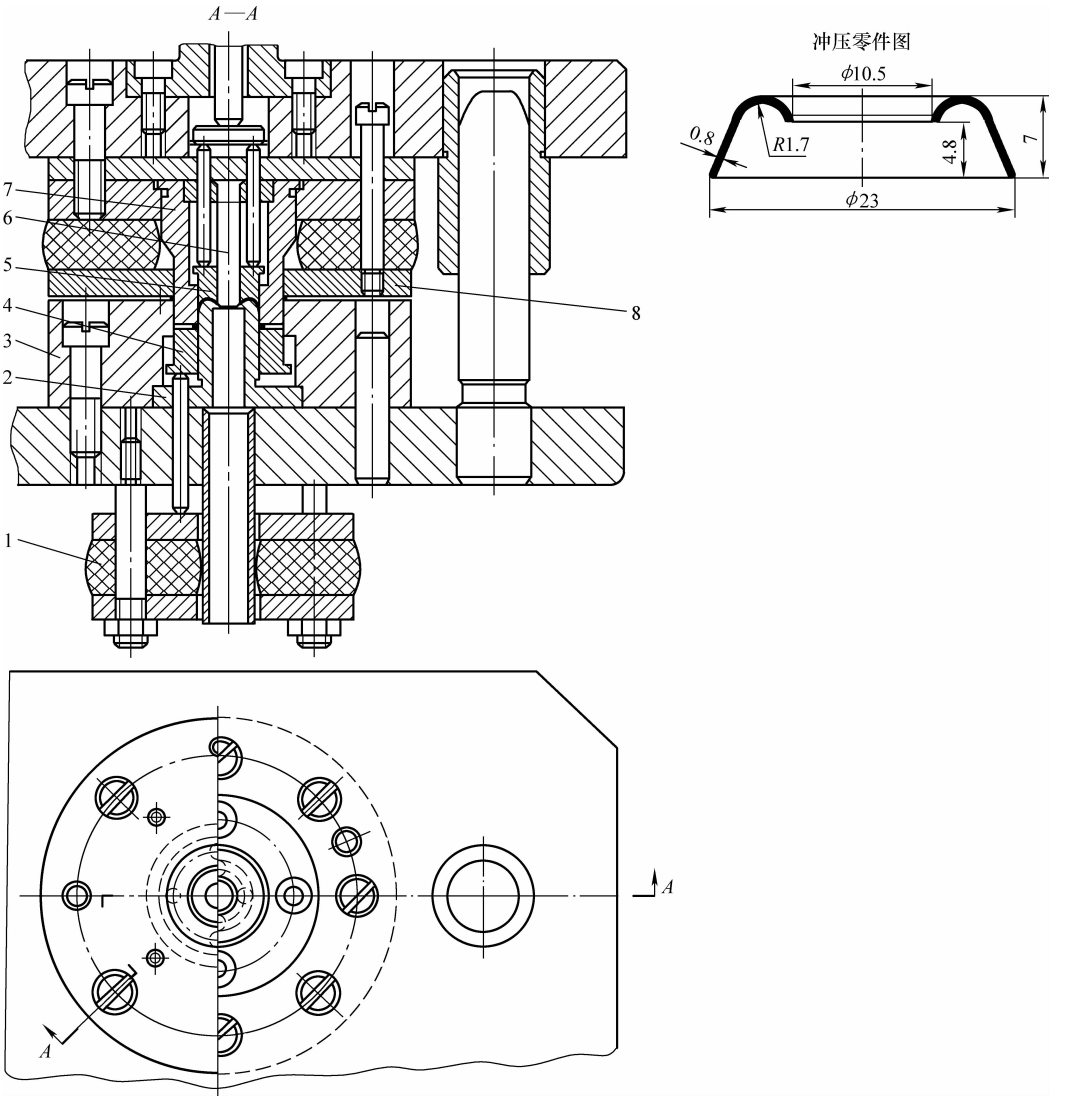


图 4-2　罩壳拉深件综合式复合模

1—橡胶体　2—凸凹模　3—凹模　4—顶件器　5—卸件器　6—冲孔成形凸模　7—落料切边凸模　8—弹压卸料板

2. 倒装结构的综合式复合模

图 4-3 所示倒装结构的综合式复合模，适用于冲制薄零件，进行圆形或近似圆形的落料、冲孔、切口、踏筋等综合的冲压加工。

冲弧形孔和切口三角形的凸模，是与凸模 12 用同一环形坯制造出来的。凸模 18 固定在

凸模 12 孔内，而凸模 12 则固定在凸模固定板 15 内，三件都是圆孔配合，加工方便。在推块 10 的弧形孔和三角孔的后面，单一圆孔便于加工，推块 10 是压弯 $R0.5$mm 筋的凸模，凸凹模 3 同样在本身的弧形和三角形的下面铣穿，这样可以使弧形等刀口部分便于加工。

冲制时，落料冲孔、切口、踏筋，三工步一次完成，生产率高。

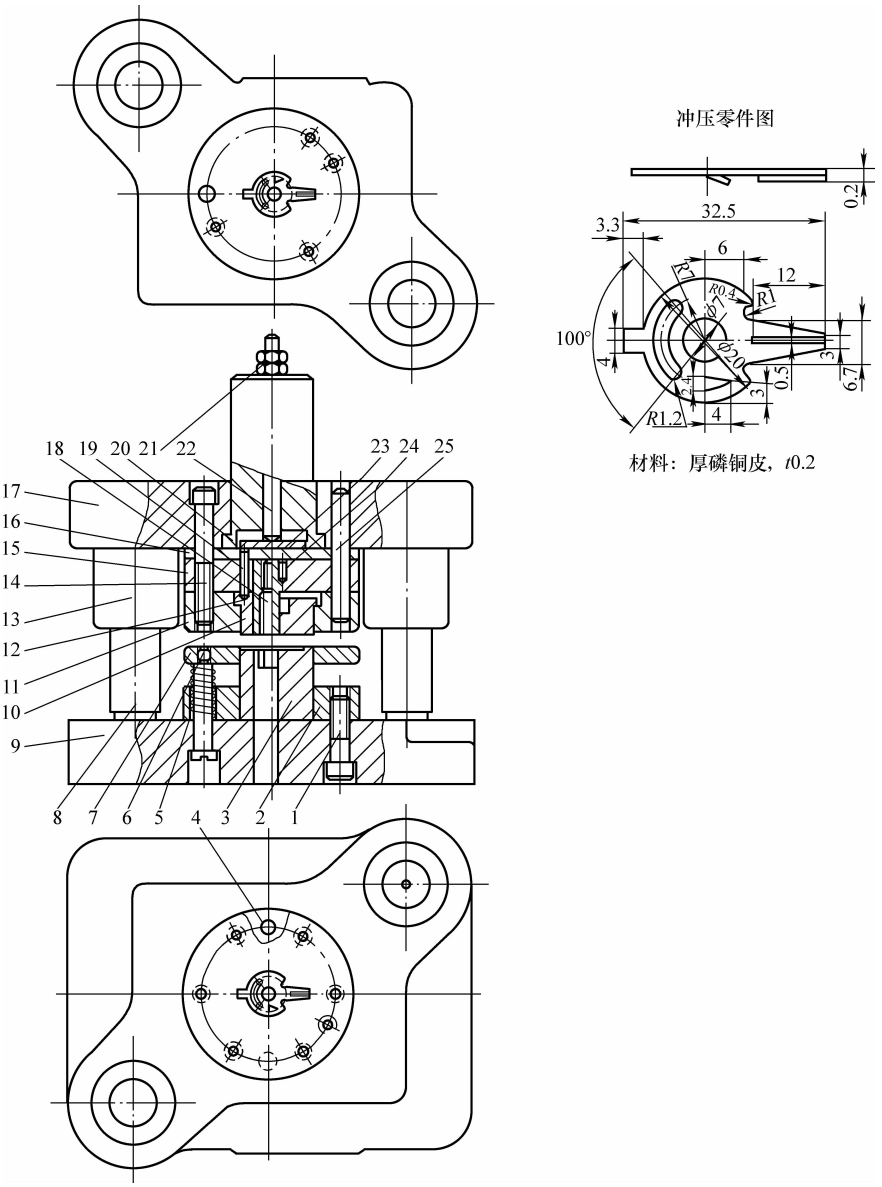


图 4-3 倒装结构的综合式复合模

1—内六角螺钉 2、15—凸模固定板 3—凸凹模 4、24、25—销钉 5—压缩弹簧 6—脱料板螺钉 7—脱料板 8—导柱 9—下模座 10—推块 11—凹模 12、18—凸模 13—导套 14—内六角螺钉 16—垫板 17—上模座 19、22—推杆 20—冲模柄 21—六角螺母 23—推板

4.1.3 冲裁式复合模与综合式复合模的主要差别

单工位复合模的基本结构大同小异。应用广泛的冲裁式复合模，即通常所说的复合冲裁

模，分为顺装与倒装两种基本结构形式。顺装结构对于薄料大尺寸、平面度要求较高的冲裁件使用较好，能冲制较高平面度的工件。实际使用中，考虑操作安全，出件方便，冲压效率更高一些，一般多采用倒装结构的复合冲裁模。无论是哪一种结构的复合冲裁模，都属于刃口类模具，靠刃口分离原材料，其结构定型，标准化、典型化、通用化程度及零部件商品率都较高。在精度要求IT11以上，料厚$t<3$mm的薄板中小尺寸平板冲裁件生产中，该冲模使用广泛。

单工位综合式复合模，虽然也可分为顺装与倒装两种结构形式，但其模芯具有分离原材料的刃口与使原材料成形的模腔两部分。模腔是依冲压零件成形的需要，按冲压零件成形工艺的不同和冲压零件形状与尺寸设计的，故标准化、典型化、通用化程度及其零部商品率相对较低，结构设计难度比复合冲裁模要大得多。通常情况下，在以下场合才选用这类复合模结构：

1）薄板小型立体成形件，其尺寸精度要求IT11以上，或其平面内孔与外廓的同轴度、位置度、对称度误差$\leqslant \pm 0.02$mm。

2）冲压零件料厚$t<3$mm，其最大平面外廓尺寸$\leqslant$200mm，冲压方向尺寸$<$100mm。

3）工步数一般为3～4为宜。

通常工件中的孔间距、孔边距小于料厚，冲压零件成形部分高度较大，甚至超过100mm，以及需要在冲压方向以外施力冲裁、成形的冲压零件，均不能用这类复合模冲制，应在多工位连续式复合模上加工。

4.1.4　综合式复合模的结构设计要点

由于综合式复合模与复合冲裁模的整体构成、结构形式一样，故它的选型与设计也与复合冲裁模大同小异。需要特别提示的是，由于综合式复合模要承担除冲裁之外的各种不同变形工步，要在与冲裁工步处于同一个工位上，依靠模具型腔迫使板料达到预期的变形结果，往往在凸凹模上，既有冲裁刃口，又有成形模腔，给结构设计和模具制造增加了难度。因此，在综合式复合模的结构设计中，应从冲压零件的结构形状与尺寸的冲压适应性分析入手，考虑在一个工位上，进行冲裁分离，与按模腔变形达到冲压加工要求的可行性。立体成形冲压零件，复合冲压一模成形冲出的制件质量更好，尺寸与几何精度高，一致性好而互换性强，生产率高；但冲模结构复杂，制模技术要求高，制造与修理难度大，费用高。工艺分析和进行可行性研究过程，要充分考虑这些技术经济因素。

1. 综合式复合模一模成形冲压零件的工艺性

1）对复合冲压拉深件的形状与结构尺寸要严格控制。

① 变薄拉深零件一般不考虑复合冲压。

② 异形复杂形状拉深件不推荐，也很难进行复合冲压。

③ 拉深系数过小，不能一次拉深成形的零件，不能进行复合冲压一次成形。

④ 展开平毛坯尺寸$D_{坯}\leqslant\phi$200mm为宜，超过ϕ200mm将不得不设计非标准冲模。在日用工业品生产中有更大的拉深件复合冲压成形，但要使用专用拉深压力机。

⑤ 拉深件料厚$t\leqslant$3mm为宜。$t>$3mm时，在冲模结构设计上将会出现废料卸出、工件出模等一系列困难。

2）精确计算拉深零件的展开平毛坯并确定其形状。不少拉深零件带有各种形状的凸缘，有些拉深件是方形、矩形、长圆形或不对称的非规则立体形，但可一次拉深成形，并带有冲孔、切口、切边工步，其毛坯尺寸与形状必须计算准确。

3）拉深件的高度 $H_{件}$ 应小于使用压力机许用最大行程 $H_{冲max}$ 的一半，推荐 $H_{冲max}=(2.1\sim2.5)H_{件}$。因为复合冲压拉深件都从模上出件，$H_{件}=50\%H_{冲}$ 取件困难，$H_{件}<50\%H_{冲}$ 才可能将拉深件从模中取出。

4）拉深凸凹模冲孔、切边、冲口等凹模壁厚 $b\geqslant t$ 为宜。$b_{min}=0.8t$ 尚可实施，更小的壁厚，难以保证合理的冲模寿命。因为拉深件底角（即凸凹模顶部边棱圆角处）是拉深过程中，工件承载最大的危险断面部位，磨损最快、最严重，最易损坏，故应尽量控制 $b_{min}\geqslant t$。当 $b_{min}\leqslant0.8t$ 而又不可能改变、必须实施时，可选用高强度、高耐磨的模具材料，设法加固薄壁刃口有效段以下厚度，并在制模中采用刃口与凸凹模表面强化处理等措施，以保证其合理使用寿命。

5）采用预冲孔翻边冲压零件质量好，并可获得更准确翻边凸缘尺寸与高度。一般情况下，不提倡也不推荐采用无预冲孔翻边。但单边切口扳边成形不受此限，因其材料变形与受力状态已转向单角弯曲。

6）复杂形状的多向弯曲件、闭式弯曲件以及需侧向弯曲的零件，不能用综合式复合模冲压成形。

7）厚度不等、形状复杂而又要进行多种冷锻、精冲及大变形量成形作业的工件，一般很难用综合式复合模直接用原材料一模成形，应优先推荐采用多工位连续复合模加工。

2. 仪表芯壳类小型拉深零件用综合式复合模结构设计要点

图 4-4 所示为仪表芯壳零件综合式复合模。仪表芯壳零件结构形状很多，图 4-4 所示为

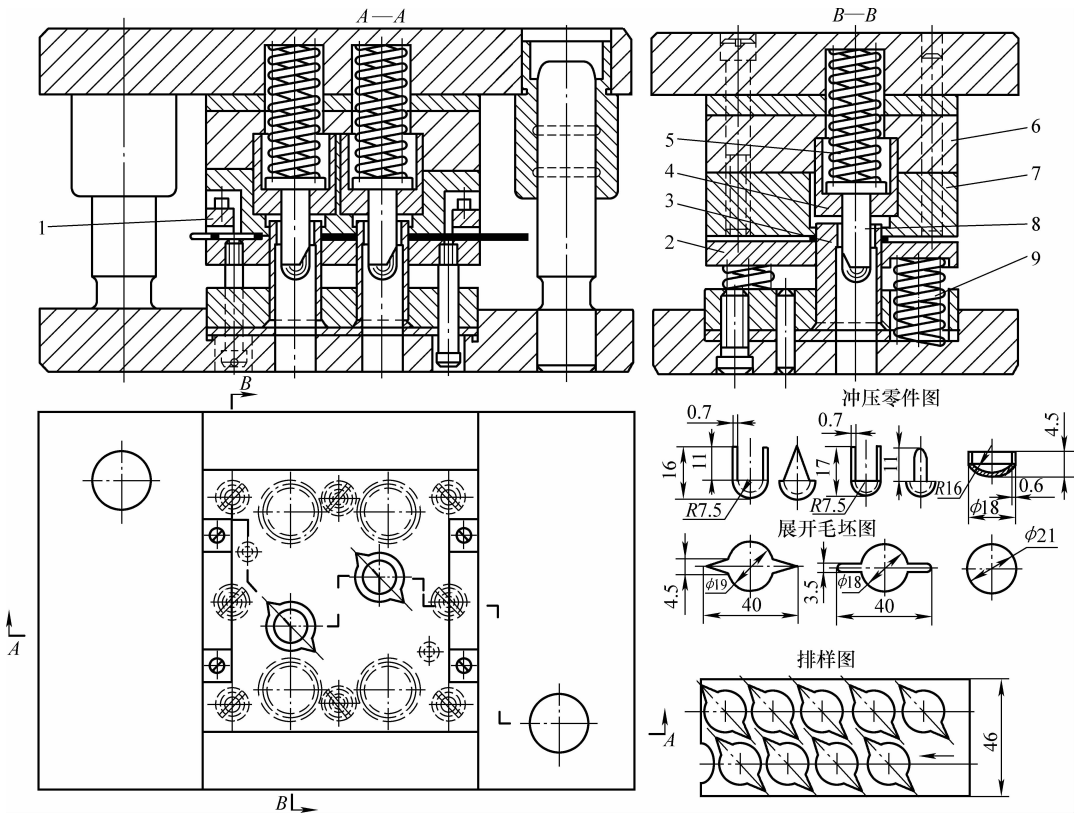


图 4-4　仪表芯壳零件综合式复合模

1—导料槽　2—弹压卸料板　3—凸凹模　4—卸件器　5、9—压簧　6—空心垫板　7—凹模　8—拉深凸模

较常见的三种。这种零件尺寸不大，虽尺寸精度要求不高，但有较高外观质量要求，即外廓冲切面平整、无肉眼可见毛刺，拉深主体口部平整、不起皱，外表无压坑、划伤，以达到良好的外观装饰效果。

（1）工艺分析　这类冲压零件材料大多是05F、08F冷轧钢板，也有部分为H62、H68黄铜（软态），冲压加工后镀装饰铬。其拉深系数 m 均为0.78～0.85，都可一次拉深成形。传统冲压工艺都采用分序多模冲制，落料、拉深用两套冲模。对于凸缘形状复杂或有配合要求的零件，一般先拉深成带平凸缘的拉深件，再冲切凸缘外廓形状。由于产量日益增加，传统老工艺虽然模具结构简单，制模成本低，周期短，但存在以下缺点：

1）工艺路线长，占用机床多，耗用工（台）时大，制件成本高。

2）落料后进行拉深成形时，要靠手工送料入模，操作危险性大。使用压力机吨位小，其滑块行程次数高达80～100次/min，操作一不留神，便容易产生手脚配合失调、叠片、卸件或送料滞后，甚至压手事故。

3）分序多模冲制所用单工序冲模，多为简易敞开式无导向冲模，冲压噪声大，事故多发。大多压手断指的冲压伤害事故，都发生在使用这类冲模上。

4）分序多模冲制，冲件要多次重复定位，冲件质量差、互换性不佳，而且废品率高。

欲提高冲压生产率和零件质量，必须改进传统冲压工艺，变分序多模冲制为复合冲压一模成形，即直接用带料在落料—拉深综合式复合模上，一模冲制完成。

（2）一模成形的难点和对策　一般带凸缘与无凸缘的浅圆筒及半球形拉深件，用落料—拉深复合模一次成形的冲压工艺及配套冲模，均为成熟工艺与成熟冲模结构。但对芯壳这类零件，存在如下需要解决的难点：

1）因为该零件外观质量要求高，特别是拉深件口部不切边，但要求平整、不起皱。对于一模成形又不切边的拉深件来讲，有一定难度。但如果将展开毛坯计算准确并通过试模修正，保证其直径误差≤±(0.1～0.15)mm，拉深间隙等于料厚并保持均匀一致，模腔即拉深凸模与凹模工作部分表面粗糙度 $Ra \leqslant 0.8\mu m$，压料力适宜且均匀、润滑及时而有效，则完全可冲制出高质量零件。

2）落料展开毛坯要求尺寸精准，从严控制其误差＜±0.15mm；冲切面质量高，无肉眼可见及手感毛刺；凸缘外围与拉深毛坯主体外廓的同轴度及其对称度、位置度不得有超过±0.05mm的误差，以防止拉深成形后拉深主体口部不平，凸缘及凸缘边凹口、对称齿形或枝芽出现高低不等、长短不一或不对称等缺陷。

3）采用落料—拉深复合冲压，用弹压卸料板压紧板料落料后，立即在同一模位拉深成形。避免了连续模冲压和分序多模冲制的二次送料，以及重复定位产生的积累误差。

4）提高制模精度。模具按IT7制造，上下模芯同轴度、垂直度等综合误差≤±0.01mm。

（3）工艺计算及冲模结构设计

1）展开毛坯的计算与图算。这类零件多数均为高度小于直径一半甚至仅1/3的、不变薄的半球形、浅圆筒形拉深件，其口部具有对称枝芽、悬臂，甚至齿形凸缘等，料厚均不变。虽然有一些形状复杂，个别还有压印、压花、打标记等冲压作业，但均不影响展开毛坯计算与图算。

这类零件展开毛坯的计算，一般将拉深部分与口部枝芽、悬臂等不参与拉深成形的部分分开计算。最后将拉深主体的展开毛坯与附带的、只进行落料的零件凸缘部分，加在相应部位组合成完整的展开毛坯。旋转体拉深件展开毛坯都是圆形，均有通用的计算公式和图表，

可进行计算或图算。

图 4-4 所示的三个工件，其拉深成形部分均可按等面积计算展开毛坯尺寸。当其形状很复杂，无现成的计算公式时，可将工件分解后求出；如工件厚度不等，不能按等面积法计算毛坯面积与直径，可按等体积法计算；如果计算还有困难，就用等质量法。有工件实物采用等质量法计算毛坯尺寸较为方便，可用高精度天平称重，按本书 6.2 节介绍的公式计算出毛坯准确尺寸。

2）排样图设计。首先将工件所需的展开平毛坯形状与尺寸计算准确。拉深过程中，材料流动方向符合金属压力加工中著名的“阻力最小定律”。拉深件毛坯的形状一般与拉深件形状相同或相似，在不变薄情况下，表面积相等；拉深后变薄，但其密度不变，故毛坯与拉深件质量不变。因此，工件的拉深成形部位所需毛坯尺寸，依其变薄与否可选适当算式求得。而不参与拉深件成形的凸缘形状与尺寸必须加在毛坯相应部位，而后求得毛坯的准确形状与尺寸。在这个基础上才能开始排样图设计。图 4-4 所示排样图是按图中相应工件展开平毛坯设计的。

由于拉深件凸缘部位带有对称的两个相同的凸缘枝芽，使所需毛坯直径由 ϕ19mm 增大到 ϕ40mm。为了节省材料并提高冲压效率，采用双列错开斜排排样，见图 4-4。因为料厚 t 较薄，仅有 0.7mm，排样时取其沿边 b_1 与搭边 b 均为 $1.2t$（$=0.84$mm）。工件在带料上按倾斜 45°双列错开排列。为确保搭边框具有足够的强度和刚度，不至于在送料时拉断或扭曲变形，将搭边适当放宽到 1 ~ 1.2mm。

3）冲模结构设计。落料毛坯采用 GB/T 16743—2010《冲裁间隙》标准中规定的Ⅰ类小间隙，零件材料为 08F 低碳钢，抗剪强度 $\tau_b=340$MPa，料厚 $t=0.7$mm，单边冲裁间隙 $C=$（3% ~7%）$t=0.021\sim0.049$mm，考虑料厚、冲裁件形状，特别是小尖角等，对获取优质冲切面所需合理间隙值的影响，取 $C=0.04$mm。

要保证冲裁过程中，间隙始终保持均匀，必须使冲模具有良好的导向。选用对角导柱高精度Ⅰ级滑动导向导柱模架。根据 JB/T 8050—2008《冲模模架技术条件》规定，当模架导柱直径 $d\leqslant18$mm 时，导柱与导套配合间隙 $\leqslant0.010$mm，仅为冲模单边冲裁间隙的 25%，能保证凸、凹模的良好导向及均匀的冲裁间隙。

该冲模的模芯采用落料凸模下置，而将落料凹模装在上模的倒装结构。落料凸模作为凸凹模使用，中心为拉深凹模洞口。拉深凹模腔设计为台阶式，以便拉深成形后口部回弹增大，用洞口下部台阶卸下工件，靠其自重从凹模洞口下部跌落入零件箱。为确保卸件顺利，取拉深间隙等于或稍小于工件料厚，保证在拉深行程末尾，工件整体脱离拉深模腔口部即回弹胀大，在凹模洞口台阶处即受阻，而从拉深凸模上卸下。

模芯下部采用嵌装法装在下模座沉孔中。下模座沉孔位居模架中心，可在车床上方便地加工出沉孔，并使其底面与上模下平面平行度误差达到 ±0.005mm 以内，为模芯的精确装配打下良好基础。

拉深凸模为球头圆柱形，嵌装在落料凹模卸件器中。用嵌装在上模座中的压簧驱动卸件，并在平稳压紧落料毛坯后，进行拉深力很小的浅拉深。圆的拉深凸模与拉深凹模，以及匹配卸件器模孔与上模座内的压簧座坑，均可在车床上加工完成，并使其具有较好的同轴度。

这种复合模结构不仅制模工艺性好，闭模高度也较小，模具冲压精度好。该冲模不仅冲制件一致性好，冲压效率高，而且结构简单，制造与修理方便。该冲模的主要特点如下：

① 落料凹模装在上模，利用下模安装的弹压卸料板压料冲裁并拉深成形；导料槽设置在卸料板上表面，随卸料板浮动，展开毛坯落料分离后，其支臂、尖角不会损伤、变形。

② 拉深凸模后部装弹簧，起到压料与平稳的推卸作用。

③ 凸凹模洞口内壁设有卸料台阶，依靠拉深件的回弹胀开卸下，并从模下跌落入零件箱。

④ 该工件用带料或卷料配通用辊式送料装置自动送料冲压，如改用板裁条料，可在导料槽出料口，装固定挡料销节制送料。

⑤ 该冲模的下模用下模座沉孔嵌装凸凹模，不仅提高了制模工艺性，而且压缩了闭模高度，利于选用小行程压力机工作。

3. 较大拉深件综合式复合模结构设计要点

综合式复合模模芯结构不定型，常常随着冲压零件形状、尺寸，以及成形作业工步的变形特点及需要，而有种类繁多而复杂程度不一的众多结构形式。离合器罩四工步综合式复合模就是一个典型实例（见图 4-5）。

（1）工艺分析　从冲压零件图中可以看出，该工件为底部带翻边凸缘的阶梯形回转体拉深件。翻边孔口平齐，且翻边孔径大，故要采用预冲孔翻边。拉深件阶梯直径差不大，按常规计算可一次拉深完成，但至少需要落料、拉深两个工步。根据以上分析，冲制该冲件需要 4 个工步，即冲孔、翻边、落料、拉深。现场工艺采用板裁条料，单列有搭边排样，一模复合冲压成形。由于复合冲压可以保证翻边内孔与外径及各阶梯直径，具有很高的同轴度，这对该工件的使用及装配都非常重要。同时，还使该工件具有更好的互换性。

（2）冲模结构设计要点　由于该工件材料为 3mm 厚的低碳钢板，故冲模采用硬性卸料板。因为工件高为 103mm，所以卸料板下表面距凹模上表面的距离（即卸件空间高 H）应大于冲件高，为 $H_{件}+(5\sim10)\text{mm}=108\sim113\text{mm}$。这类复合模大多为模上出件，可以借助送料将工件带出模具工作区。

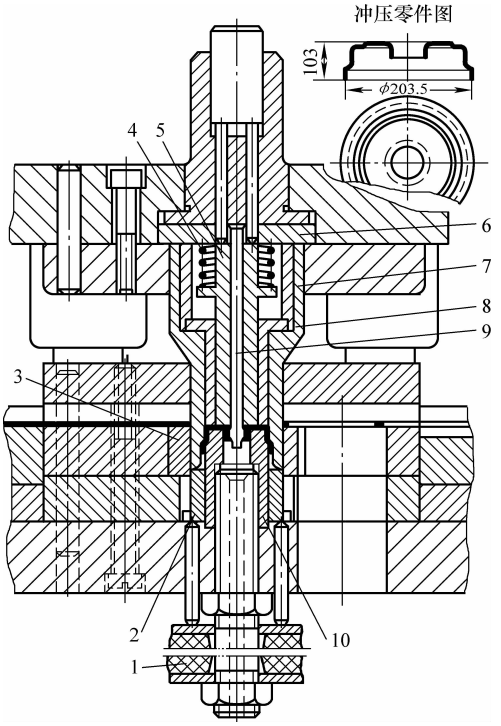


图 4-5　离合器罩四工步综合式复合模

1—橡胶体　2—弹顶卸件器　3—落料凹模镶嵌件　4—压簧　5—弹顶器　6—垫板　7—落料凸模　8—弹顶器护套　9—预冲孔及翻边凸模　10—拉深翻边凸凹模

该冲模的上下模成形部位的设计，应从分析冲压过程开始。虽然内孔翻边及拉深凸、凹模分别设计并无困难，但要将这些工步组合在一个工位上，并在同一冲压行程中先后实施，必须充分考虑各冲压工步的特点及需要，安排在同一行程的不同位置，复合冲制完成。

根据该工件的结构形状特点，应该先落料拉深出底部，然后冲孔翻边，最后拉深出阶梯形筒壁。从图 4-5 的模具图成形部位可以看出，上下模合模后，落料凸模 7 外圆刃口与下模的弹顶卸件器 2，先将条料夹紧校平，上模继续下行进行落料，弹顶卸件器 2 在落料后，被

落料凸模 7 压入凹模镶嵌件 3 内，拉深翻边凸凹模 10 顶部与弹顶器 5 夹紧，落料毛坯中心周围，拉深出冲件底部，预冲孔及翻边凸模 9 立即冲孔翻边，弹顶卸件器 2 继续下落，拉深翻边凸凹模 10 与落料凸模 7，起拉深凹模型腔作用的内型配合，拉深出冲件壁部阶梯。整个冲压过程是在滑块下死点前的（103 +3）mm = 106mm 的冲压工作行程中完成。选择压力机的滑块行程必须大于两倍的上述冲压工作行程，否则冲件将卡在模腔中。因此，凡进行拉深的冲模，在选用设备时，仅计算冲压力和功是不够的，还必须使压力机的滑块行程大于冲件最大高度加上料厚之和的两倍，才能使用。

由于该拉深件壁部为阶梯形，而底部翻边作业必须沿冲压方向，且预冲孔与翻边由一个凸模连续完成，但翻边前预冲孔又要在工件底部拉深出来以后进行。因此，设计时，应使装在上模的落料刃口与翻边预冲孔刃口两端面高度差，小于拉深件的拉深高度 103mm 减去翻边凸缘高度，其余各阶梯尺寸以拉深件底部底面为基准向下推算即可。

上模作为拉深凹模，采用套筒式镶嵌结构，满足阶梯径向尺寸差的需要。考虑翻边凸模长度固定不变，而拉深件底部凹模部分要能弹出卸件，其内外面均为滑动配合面，预冲孔及翻边凸模 9 与弹顶器 5 内孔配合采用 H6/h5，而弹顶器 5 外表面与弹顶器护套 8 内孔壁的配合，可以采用 H7/h6。这样可使弹顶卸件器 2 能借压簧 4 顺利弹出，使得拉深件从预冲孔及翻边凸模 9 上顺畅卸下出模，还对细长凸模 9 有很好的加固及横向支承作用。

拉深凹模紧固套的外表面与落料凸模 7 内孔壁配合采用 H7/h6，使其长度固定不变。落料凸模 7 与卸料板模孔的配合应采用基轴制 H8/h7，除保证落料有均匀的冲裁间隙外，还可使工件翻边孔与外形有较好的同轴度。装在下模座上的拉深凸模，采用螺栓吊装嵌入结构，翻边预冲孔废料，从螺杆中心孔靠自重，通过口部漏斗孔，自动落卸出模。

（3）设计与制造要求及措施　由于工件料厚 $t = 3$mm，落料毛坯尺寸近 400mm，加上翻边与拉深力，总的冲压力已达 3000kN，现场实际采用 4000kN 压力机。冲模的整体刚度及工作稳定性是结构设计的首要环节。采用加厚模座、加厚卸料板以及加粗导柱的滑动导向四导柱模架，便是提高冲模整体刚度、确保其平稳工作的一些具体的结构措施。

翻边凸模的固定板也是落料凸模及拉深凹模的垫板，即件 6，由于落料及拉深力较大，垫板要承受很大的挤压力，故采用 T7 钢制造，并淬硬至 54HRC ±2HRC。

凸、凹模的材料，包括件 3、5、7、8、9、10 等均应采用 Cr12 或 Cr12MoV 高碳高铬优质合金工具钢制造，热处理硬度为 58 ~62HRC。其工作表面的表面粗糙度 Ra 应为 0.1 ~0.4μm。

卸件、出件是复合模中易出问题的环节。模上出件亦可用拨杆、推板或专用取件钳解决。如压力机滑块行程或其台面孔尺寸很大，亦可在模具出料侧设的漏件孔用送料推卸。

模具试模前应先用橡胶泥塞满模腔，通过印痕检测型腔各部分尺寸，并在试模前闭模状态下塞入塞尺（厚薄规）、橡胶泥片检测冲裁间隙的均匀度。

试模时应调整压力压连杆，使冲模在最大开启状态时，上模亦不脱开卸料板，导柱也不脱离导套，并使导柱有一定长度（约为其直径一半左右）留在导套内为宜。

冲模总装、调整及在压力机上夹紧安装，推荐按螺钉、螺栓标准螺径，选择与使用定值式测力扳手，以从严控制其夹紧力，确保紧固牢靠。

4. 大型翻边零件用综合式复合模的结构设计要点

图 4-6 所示为大型翻边零件用顺装式综合式复合模。其冲压零件形状及其尺寸构成特征都具有广泛代表性，所以图示结构冲模也具有典型性，用其说明这类复合模设计要点，具有通用性与概括性。

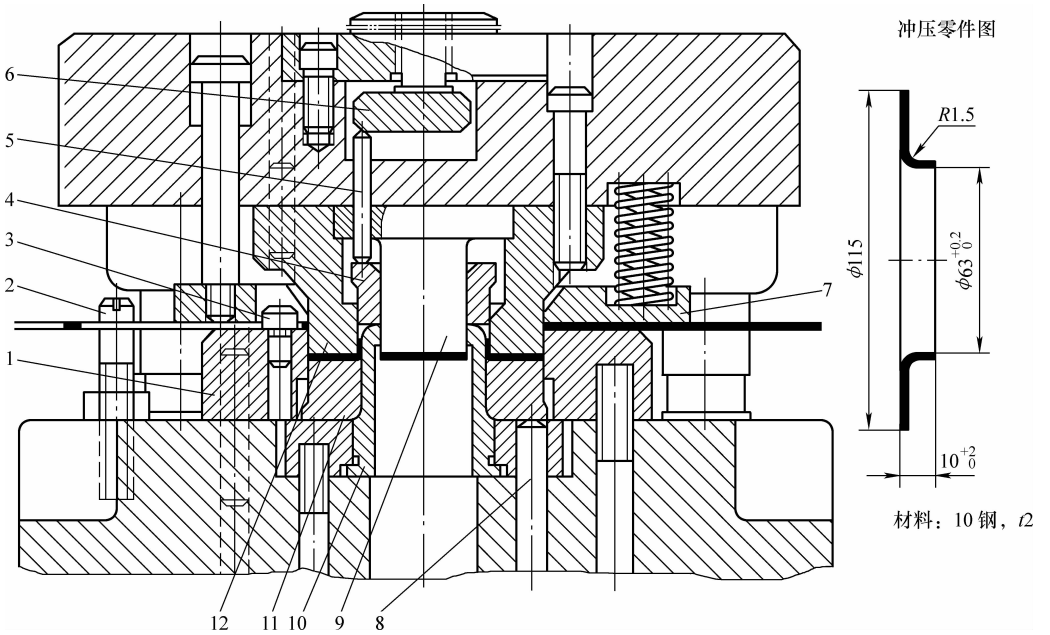


图 4-6　翻边零件的综合式复合模

1—凹模　2—侧挡料柱　3—固定挡料销　4—卸件器　5—推（顶）杆　6—推板　7—卸料板
8—顶杆　9—冲孔凸模　10—凸凹模　11—顶件器　12—落料凸模

该翻边冲压零件带有宽的平凸缘，其环宽达 26mm，其翻边成形的竖凸缘高度为 10mm。必须进行预冲孔翻边，预冲孔直径 $d \approx 56$mm。用板裁条料冲制。其实际冲压工步应为：落料—冲孔—翻边—校形四个工步。条料贴近模座上侧挡料柱 2 内侧，送入模内至固定挡料销 3 后，开始冲压。弹压卸料板 7，在上模下行接触条料后，将条料压紧在凹模 1 上，落料凸模 12 与顶件器 11 将落料部分条料夹牢，而后上模继续下行中，先由落料凸模 12 与凹模 1 进行落料冲裁、冲孔凸模 9 冲孔。上模继续下行中，落料凸模 12 与顶件器 11 将落料毛坯夹紧，用凸凹模 10 外形作为翻边凸模进行翻边，至压力机滑块下死点冲模完全闭合前，上下模刚性镦压校形终止。上模回程，顶件器 11 靠模下弹顶或气垫动力随上模上升，将工件顶出模腔。

该冲模的结构设计要点如下：

1）顺装式结构复合模，无典型组合标准可供设计选择，但可以选用标准的后侧导柱模架。为缩小冲模的闭合高度并加强模座强度，将推卸系统的推板埋装在上模座中，直接由推板 6 推出顶杆 5，驱动卸件器 4 卸下工件。

2）冲孔凸模固定端采用宽大凸缘，增大承压面积，省去垫板，直接装在上模座上。

3）弹压卸料板直接装在上模座上，大幅度压缩了冲模闭合（结构）高度，可按实际冲压力和冲压功，选用滑块行程更小、行程次数更多的压力机生产。无需因冲模闭合（结构）高度过大，不得不选用许用装模尺寸更大的大吨位、大行程压力机，其滑块行程次数少，降低生产率。

4）定位系统采用侧向挡料柱与固定挡料销，可靠、安全而又经济。因为对单工位复合模来说，送料进距的偏差对其冲压精度无影响，选用这种由标准定位装置零部件构成的经济

定位系统较合适。

5）凸凹模与其固定板嵌装在加厚下模座的沉孔中，既缩小了冲模的闭合高度，又缩短了顶件器顶杆长度，增加了冲模稳定性。

4.2　综合式复合模典型结构设计

4.2.1　仪表芯座高精度综合式复合模结构设计

仪表芯座见图 4-7 冲压零件图，它是精密仪表机芯底座，有较高的尺寸与几何精度要求。其材料为冷轧 H62 黄铜带（硬态），抗剪强度 $\tau_b = 390\text{MPa}$，料厚 $t = 1\,^{0}_{-0.09}\text{mm}$。该零件

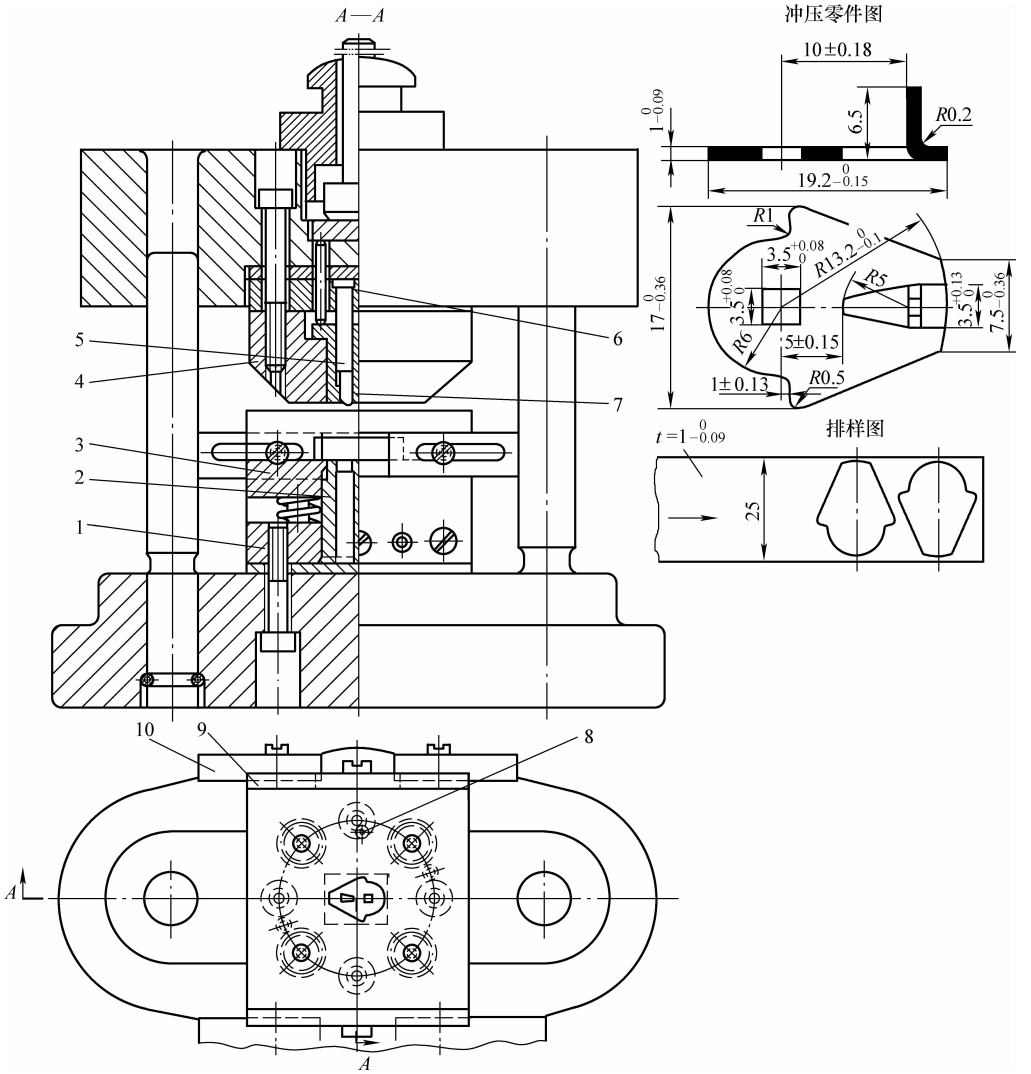


图 4-7　仪表芯座综合式复合模

1—凸凹模固定板　2—凸凹模　3—弹压卸料板　4—凹模　5—冲孔与扳边凸模
6—凸模固定板　7—卸件器　8—挡料销　9—防护栅　10—侧挡料条（可调）

形状较复杂，不仅有一个半圆与梯形组合的外形，还有方形与三角形的内孔各一个，而且在三角形孔的底边为冲切该三角形孔余料的90°角的扳边，高6.5mm。零件上除圆角半径外，所有标出的线性尺寸均有尺寸公差，其最小公差为方孔边长$3.5^{+0.08}_{0}$mm。该冲件采用有搭边、有沿边的单列对头直排排样，进行有废料冲裁与成形复合冲压一模成形。

1. 冲压零件冲压加工的难点

1）冲裁尺寸都有公差要求，而且多数都较严。

① 孔公差：方孔$3.5^{+0.08}_{0}$mm×$3.5^{+0.08}_{0}$mm，三角形孔的底边为$3.5^{+0.13mm}_{0}$mm。

② 落料（外形）公差：梯形上底$R13.2^{0}_{-0.1}$mm，其圆心为方孔3.5mm×3.5mm的中心；梯形下底宽$17^{0}_{-0.36}$mm，其中部半圆R6mm的圆心为方孔中心。

2）几何精度要求高。

① 方孔中心距三角形孔顶弧为（5±0.15）mm；距扳边外缘为（10±0.18）mm。

② 方孔与三角形孔的横向中心线均与外廓中心线重合，按零件功能与安装要求，两孔中心线偏离外廓中心线≤0.01mm。

3）方孔与三角形孔的所有角部均无圆角连接，给制模增加了难度。

4）冲孔较小，特别是三角形孔，还要考虑底边扳边成形，两凸模均显得薄弱都要加固。

5）落料凹模刃口平面轮廓复杂，给保持凸凹模与凹模间始终具有均匀一致的间隙带来困难。

2. 模具的结构设计及提高冲压精度的对策

芯座零件综合式复合模采用倒装结构，使用滑动导向、Ⅰ级高精度加厚模座、中间导柱模架。在下模的弹压卸料板3，向着操作面的外侧有防护栅9。落料凹模4设计呈截锥形外廓，与冲方孔凸模、冲三角形孔并扳边成形的凸模5一起构成上模芯，装在上模座沉孔中；凸凹模2及其固定板1、垫板和弹压卸料板3，均采用覆盖下模座凹模周界大小的矩形模板，用一组四只压簧支承卸料板。弹压卸料板3与凸凹模固定板1之间有足够的距离，确保冲压时的卸料行程。防护栅进料口两边装有可调侧挡料条，构成送进带料的导料槽。与常规倒装复合模相比，在其结构上的特点与提高冲压精度的措施如下：

（1）采用Ⅰ类小间隙冲裁　为获得高的冲裁尺寸精度和良好的冲切面质量，采用GB/T 16743—2010《冲裁间隙》中规定的Ⅰ类小间隙冲裁。该工件材料为硬态H62黄铜，抗剪强度τ_b=390MPa，料厚t=1mm，则其单边冲裁间隙C=（3%～5%）t=0.03～0.05mm，取C=0.04mm。

（2）加固冲孔凸模　将其杆部加粗成圆柱。如图4-7件5所示，将两冲孔凸模件5等的上部加粗并制成圆柱形，其目的如下：

1）提高细长冲孔凸模的抗纵弯能力，使其刚度提高，承载后不会弯曲折断。

2）制模工艺性提高，制造方便，也便于在凸模固定板件6上安装。设计采用凸模固定端与其固定板模孔按基孔制过渡配合H7/m6，即凸模固定段压入固定板带止口的模孔后，磨平端面再盖上垫板紧固。

3）利用冲孔凸模加固的圆柱面与卸件器7的模孔，以H7/h6间隙配合实现对凸模导向及横向支承。

（3）将上模芯嵌装在上模座中　由凹模4、冲孔与扳边凸模5、卸件器7、凸模固定板6以及垫板等构成的上模模芯制成截锥形，利用车削加工可使模座沉孔与模芯截锥底部圆柱体

获得良好配合，达到模芯与模架更好的同轴度，确保与下模芯的凸凹模精确对准，达到均匀的冲裁间隙。

（4）下模芯做成矩形便于制模并提高制模精度　由于凸凹模的落料凸模刃口，是由一个梯形加半圆构成非规则形状，内孔为方形与三角形，位置度要求较高。但两孔的中心线与工件外廓中心线一致，使得凸凹模制成矩形断面模体必然与工件展开的落料外廓，具有同一条中心线和中心。给凸凹模配上与下模座凹模周界相同尺寸的矩形垫板，凸凹模固定板、弹压卸料板构成矩形下模芯，装配时可以很方便地安装在模架中心与模芯中心完全重合的位置上，确保上下模具有高的同轴度、均匀的间隙。

（5）加厚弹压卸料板以增加导向功能　将弹压卸料板加厚，使其下表面与凸凹模矩形模体接近刃口的一段采用 H7/h6 配合，除对凸凹模导向外，还保证卸料板工作时不倾斜，使模具运作平稳。

（6）模架导柱适当加长　在模具开启后，导柱应有其直径的 1 倍左右的长度滞留在上模座导柱孔内，保证上模对下模始终处于良好的导向状态中。

采取以上结构措施并按 IT7 级精度制模，保证该冲模的冲压精度符合要求。

3. 几点提示

1）该冲模为模上出件。鉴于工件尺寸小、质量轻，建议用压缩空气吹卸出模。可用泡沫塑料板或橡胶板贴衬的零件箱收接吹卸零件，以防碰伤。

2）选用滑块行程可调的压力机，用较小行程冲压，确保上模开启时不脱开导柱。

3）不宜使用滑块行程次数≥200 次/min 的压力机连续高速冲压，否则将容易损坏冲模的弹性系统。

4）这类复合模在线经常出现的问题之一，是卸料板倾斜卡在凸凹模上，卸料板下的弹簧变形、断裂。为防止这种情况出现，应在设计时使压簧实际承载和最大压缩量都小于其许用量的 75%；安装时应保持压簧两端面平行，同组压簧等高，误差≤ ±0.005mm。

4.2.2　簧片高精度综合式复合模结构设计

图 4-8 所示为仪表芯簧片高精度综合式复合模，材料为硬态 65Mn 带料，采用复合冲裁并压弯一模成形，达到要求精度。

1. 簧片零件的工艺分析

该零件是仪表运行机构的关键件，提供的冲裁用带料和卷料均要求表面防护，无锈蚀、划伤，平整而光洁，表面粗糙度 $Ra \leqslant 0.4\mu m$，料厚及公差为 $t = 0.1^{\ 0}_{-0.002}$mm。

该零件形状复杂、尺寸小而要求的尺寸与几何精度较高，更为重要的是零件表面不许有划伤、压伤、油污及手感和肉眼可见毛刺。根据该零件功能与装配要求，外廓与中心孔的同轴度误差≤0.01mm。

该零件的整体形状大体上为一个 $\phi 7.5^{\ 0}_{-0.2}$mm 的圆片，在其上下对称切线位置各切出宽×长 $=0.8^{+0.07}_{\ 0}$mm ×$2.2^{+0.12}_{\ 0}$mm 的槽口，使其变成 S 形簧片。在其中心有 $\phi 1.4^{+0.06}_{\ 0}$mm 小孔，沿小孔周边对称位置有高 0.3mm 呈 60°的尖角。在 S 形头部的槽口端，长（1.5 ±0.13）mm 处，压出折线并翘起（0.6 ±0.3）mm。整个零件除角度与圆角半径外，每个尺寸均有公差要求。

该零件冲压加工难点如下所述：

1）冲孔、冲槽孔尺寸小，中心孔 $\phi 1.4^{+0.06}_{\ 0}$ mm、槽孔宽仅 0.8mm。虽然与料厚

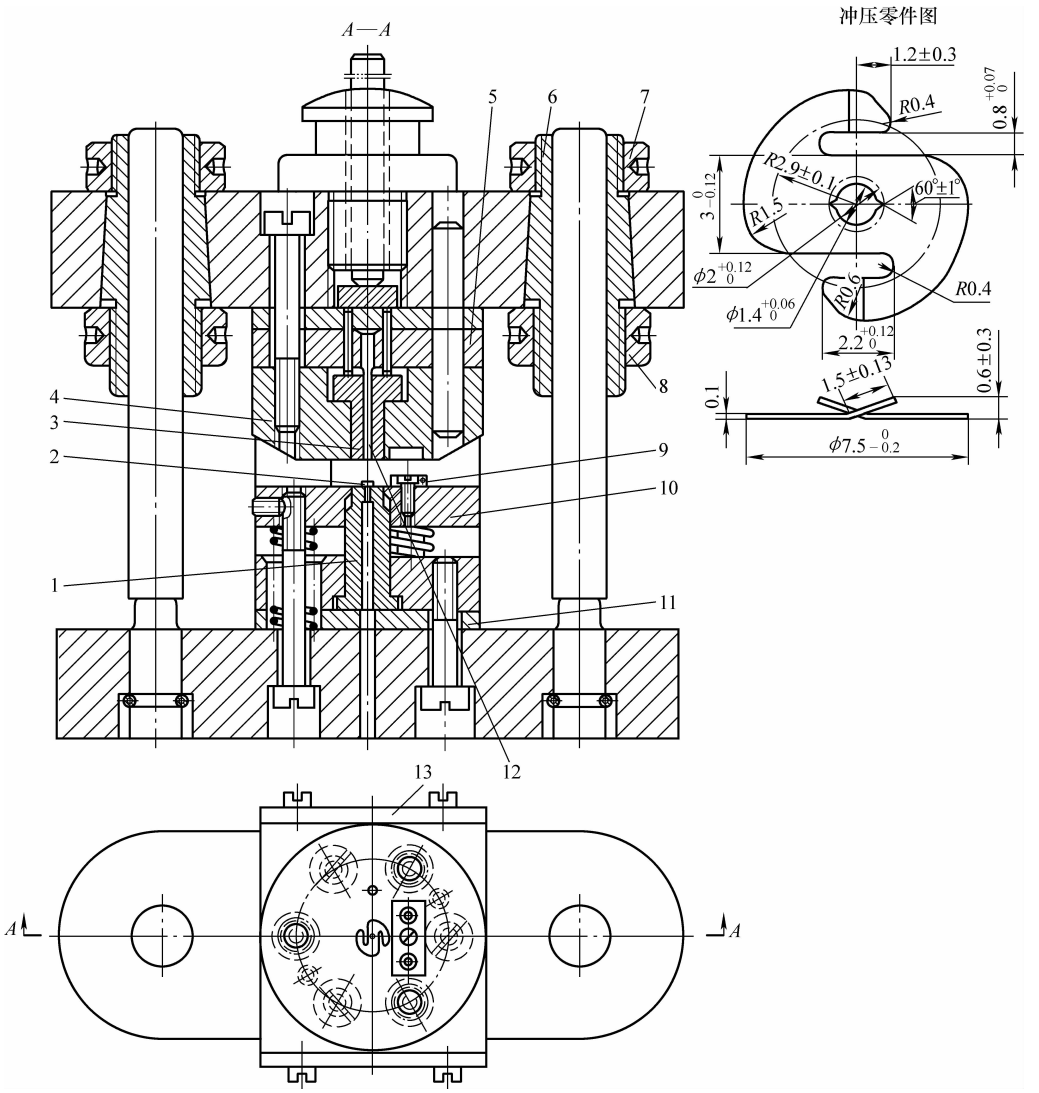


图4-8　仪表芯簧片高精度综合式复合模

1—凸凹模　2—固定挡料销　3—卸件器　4—凹模　5—凸模固定板　6—导套　7、8—紧固螺母
9—侧挡料块　10—弹压卸料板（导板）　11—垫板　12—凸模　13—防护栅

$t=0.1$mm相比，孔与槽相对尺寸不算过小，但零件材料为高强度弹簧钢，其抗剪强度 τ_b 高达600MPa，小孔、小槽孔凸模在冲裁时仍要承受较大载荷。

2）要求冲裁后毛刺少，加上尺寸小，但都有较严公差。这两条对模具制造提出了小间隙、高精度，以及间隙均匀一致、冲裁刃口表面粗糙度值要更小的要求。

3）只能用综合式复合模冲制，以确保零件的尺寸与几何精度。

2. 冲压工艺方案设计与冲模结构选型

冲压工艺方案决定了使用冲模的类型。采用何种冲压工艺方案，都应通过多个工艺方案的可行性研究、对比，才能找到并选定一种先进可行而又适用经济的工艺方案。就簧片这个零件而言，在成批与大量生产的情况下，一模成形冲制出合格优质零件，是最终的目标。只有如此，才能体现出冲压生产优质、高产、低消耗的突出优势，展示出冲压工艺的先进性，达到使用冲模数量最少、工（台）时消耗最少、工艺路线最短、劳动强度较小。

通过以下多种工艺方案的对比，确定合理的冲模结构类型。

（1）用分序多模冲制　至少需要落料、冲孔、切槽、压形四套冲模。虽然模具结构简单，制模容易，成本低，但工序多，每序都重复定位，零件的尺寸与几何精度不能保证，而且生产使用模具多，占用压力机多，工艺路线太长。除耗用工（台）时多、劳动强度大、不适合成批与大量生产外，单工序冲模靠手工将半成品送入模内冲压，冲件尺寸小，难度大，操作不安全。此方案成本高、不可行。

（2）用连续冲压一模成形冲制　由于该零件接近圆形，适于有搭边、有沿边排样，而且以单列直排、双列错开或三列错开直排为宜。但因零件形状复杂，为简化冲模结构，取单列直排更合适。根据该零件形状与成形需要，可以采用直送法送进，用冲孔、切槽、压形、落料四个工位。考虑工件尺寸精度及几何精度要求较高，应采用双边两组侧刃节制送料，可使送料进距 S 的误差≤ ±0.15mm。即便如此，四个工位的送料积累误差也相当大。对于五工位以下的多工位连续模冲压零件尺寸偏差，即冲压精度 W_{Σ} 可按如下经验公式计算：

$$W_{\Sigma} = m_{\delta}\sqrt{n} \tag{4-1}$$

式中，m_{δ} 为送料进距误差（mm）；n 为工位数目（个）。

m_{δ} 值与冲模的结构类型及其制造精度、使用原材料的种类及送料方式、送料进距的大小及冲模节制进料的方法等因素有关。簧片零件采用带料、自动送进，实测送料的进距 S 误差 m_{δ} = ±（0.05 ~ 0.06）mm，已知 n = 4。代入式（4-1）便可求出簧片四工位连续模冲压误差，即冲制簧片的最大尺寸偏差 W_{Σ} 为 ±（0.1 ~ 0.12）mm。故采用一般常规传统结构的连续模冲制簧片，难以达到要求的尺寸与几何精度。虽然设计非标准的特殊结构多工位连续模，可以冲制比簧片精度更高的冲压零件，但经济上不合算，不推荐采用。

（3）用综合式复合模冲制　采用高精度综合式复合模，直接用带料或卷料，在单工位综合式复合模上，在同一次冲压行程中，进行冲孔、落料并压形等全部工艺作业。由于在同一工位进行内孔与外形的复合冲裁，同轴度更好。采取图 4-8 所示冲模结构设计与制模的技术措施，确保冲模冲制出合格优质的零件，并达到较高的生产率。

3. 簧片综合式复合模结构设计与制造采用的工艺技术参数

1）设计采用小间隙冲裁，确保冲孔及落料尺寸精度。根据 GB/T 16743—2010《冲裁间隙》，为保证冲裁件尺寸精度高、毛刺少，按簧片材料为高碳合金弹簧钢 65Mn，其抗剪强度 $\tau_b \geqslant 600$MPa，选取标准中规定Ⅰ类小间隙（单边）C =（8% ~ 12%）t = 0.008 ~ 0.012mm，取 C = 0.010mm。

2）模具工作零件凸模、凹模、凸凹模按 IT7 制造，冲孔凸模、冲槽孔凸模以及落料凸模的刃口尺寸公差，按标准规定控制在 ±（0.01 ~ 0.015）mm 之间。可以满足零件最小尺寸公差 0.06mm 的要求。

3）采用非标准加长导套高精度滑动导向中间导柱模架。保证凸模对凹模有准确导向，从而使其冲裁间隙一致且均匀，必须使复合模模架导向精度高、刚度好。其导柱与导套配合后的间隙小于冲裁间隙 C 的一半，才能达到满意导向效果。根据 JB/T 8050—2008《冲模模架技术条件》规定，Ⅰ级滑动导向导柱模架，导柱直径为 ϕ18 ~ ϕ80mm 的导柱导套配合间隙分别为 0.010 ~ 0.016mm，难以满足簧片复合模进行精密冲裁的要求。故设计图 4-8 所示高精度加长导套滑动导向中间导柱模架，导柱与导套配合间隙 $C \leqslant$ 0.005mm。加长导套使模架导向精度稳定，增强导柱的纵向稳定性，而且可使模具在开启状态下，仍有大于导柱直径

1.0～1.2倍的导柱长度滞留在导套内，使冲模始终处于良好导向状态。

4）冲孔凸模、凸凹模均予加固并采用全行程护套。ϕ1.4mm的冲孔凸模，带有两个对称的高0.3mm呈60°的小尖角，设计总长度近30mm，显然十分薄弱。为提高其抗纵弯稳定性，加粗其固定端杆部至ϕ3mm，长达8mm；其余工作段，装在作为卸件器的护套模孔中，冲孔凸模与该模孔采用微间隙滑配；卸件器与凹模孔配合亦采用微间隙滑配合。这使得卸件器3对冲孔凸模12可实施全行程、全方位的可靠的横向支承，确保其纵向稳定，不会纵弯折断。

设计采用加厚的弹压卸料板10，将凸凹模1的固定端加粗为ϕ10mm的圆柱，并带有厚3mm的ϕ13mm嵌装凸缘。凸凹模冲裁刃口复杂，尤其切槽口部位宽仅0.8mm，设计弹压卸料板变成导板，加厚至10mm的弹压卸料板10，下部7.5mm长为与凸凹模1圆柱段H5/h5配合，单边间隙≤0.008mm，落料凸模刃口按冲裁间隙$C=0.010$mm依凹模配制；中心孔的冲孔凹模刃口，则按凸模配加工，保证间隙$C=0.010$mm。

4. 簧片综合式复合模结构设计特点

该冲模是仪表用超薄料小尺寸复合冲裁、加压弯成形的复杂形状零件，一模成形冲制的典型结构。其结构设计的几个主要特点如下：

1）零件料薄尺寸小，而尺寸与几何精度要求高。$t=0.1_{-0.002}^{0}$mm，冲裁间隙（单边）$C=0.010$mm，零件形状复杂，最小尺寸公差为：孔与外廓同轴度误差≤0.01mm，孔$\phi1.4_{0}^{+0.06}$mm、槽口$0.8_{0}^{+0.07}$mm。鉴于这些精度要求，使得传统常规结构复合模难以冲制。为此，设计了非标准结构的倒装综合式复合模（见图4-8）。

2）设计采用高精度加长导柱与导套、加厚上下模座的滑动导向中间导柱模架。导柱直径为ϕ15mm，与导套采用H5/h5配合，导向间隙$C<0.008$mm，导套长度大于导柱在下模座上表面以上长度的一半。

3）凸模、凸凹模均采用W6Mo5Cr4V2高速工具钢制造，工作硬度：凹模为62～64HRC，凸模为60～62HRC。

4）弹压卸料板设计成弹压卸料导板式结构。为此，卸料螺钉加了止动螺钉，三只压簧最大承载只达到其允许承载的75%。其两端面平行度误差≤0.005mm，端面垂直度误差≤0.01mm，工作行程（承载压缩量）＜允许总压缩量的75%，复位平稳，无偏斜。

5）冲裁凹模洞口为两台阶直壁刃口，凸模冲裁时进入凹模刃口深度≥t。

6）模具工作区外设防护栅，装在下模上。

4.2.3　芯轴架高精度综合式复合模结构设计

仪表高速转动的芯轴支架如图4-9中冲压零件图所示，通称芯轴架（或轴头座）。其形状复杂，尺寸与几何精度要求高，直接用带（条）料一模成形，难度很大。

芯轴架材料为20钢，其抗剪强度$\tau_b=320$MPa，抗拉强度$R_m=420$MPa，材料厚度$t=1.2$mm。

1. 芯轴架零件的工艺分析

该零件是一个高速旋转的芯轴端头支架。其整体形状为一个$10_{-0.58}^{0}$mm×$9.8_{-0.24}^{0}$mm的近方形带有$\phi4.2_{0}^{+0.13}$mm中心孔的平板，其下部一侧带有两个冂形固定夹，与上部平板高度差1.5mm。两冂形固定夹内外均有自然斜度，内边高（5±0.48）mm，外边高3.5mm并稍向外倾斜，未注斜角及公差要求。

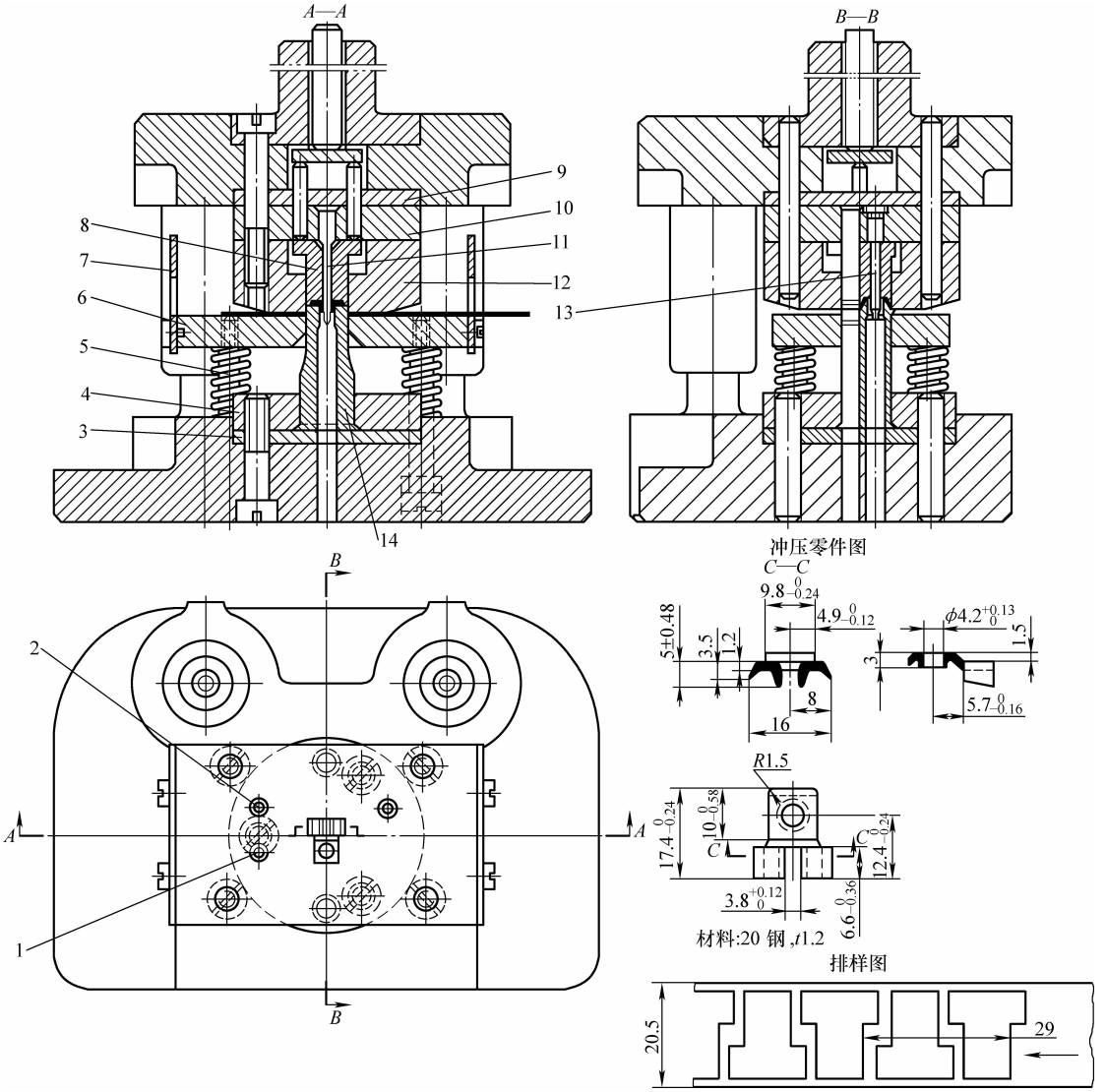


图 4-9　芯轴架高精度综合式复合模

1—固定挡料销　2—侧面挡（导）料销　3、9—垫板　4、10—固定板　5—弹簧　6—卸料板
7—防护栅　8—卸件器　11—切开冲挤凸模　12—凹模　13—穿刺翻边凸模　14—凸凹模

这样形状复杂、精度要求又高的零件，除了用板料冲压加工成形外，其他任何常规的传统的加工工艺都无法加工。冲压加工有多种工艺方案。分序多模冲制是传统的老工艺；多工位连续模一模成形是现代冲压高技术；用综合式复合模一模成形对这类零件的加工也有一定难度。从上述三种工艺方案的对比中，可以更好地说明高精度综合式复合模结构设计的要领。

1）分序多模冲制效率低、精度差、操作危险性大。芯轴架这类高精度、复杂形状的冲压零件，用传统冲压工艺加工，至少需要落料，无预冲孔翻边、压台阶、切开、弯冂形或冲挤冂形总计 4 ~ 5 套冲模。且不说冲模套数多、工艺流程长、占用机床多和需要生产面积大、耗用工（台）时多等缺点，关键是冲压零件质量难以达到要求。多序分模加工，多次重复

定位，其累积误差将达到≥0.3mm。单是穿刺翻孔这一工序，要靠落料毛坯的外形定位，料厚 $t=1.2$mm，外形尺寸误差≥0.25mm，不能满足翻边孔边距 $4.9_{-0.12}^{0}$mm、$12.4_{-0.24}^{0}$mm 以及 $5.7_{-0.16}^{0}$mm 的精度要求。多序分模冲制的另一个致命缺陷是，半成品毛坯入模冲压，必然全靠手工送料。该工件尺寸小，手工送料十分不便，操作很不安全。这一方案不可取。

2）多工位连续模冲制尺寸精度低、几何精度差，达不到要求。该冲压零件使用多工位连续模冲制，要根据零件展开平毛坯和冲压工艺作业项目，设计排样图。按照它的展开毛坯是一个T字形，上部有 $3.8_{0}^{+0.12}$mm×$6.6_{-0.36}^{0}$mm 的切口，采用裁搭边排样，用送进材料携带工件至各工位进行冲孔、切口、弯曲等加工，最后从原材料上切断分离工件，较为合理。冲模诸工位可安排在同一下凹模平面上，并沿送料方向呈一直线排布。冲模结构相对简单。

根据该零件形状，至少需要切口、外廓分次冲切、切断等约4～5个冲裁工位，以及翻边、折弯、冲挤冂形3～4个工位，总计要8～9个工位。采用经济可靠的固定挡料销加始用挡料装置，并配导正销的送料定位系统，因工位数太多，光是始用挡料装置的数量仅比工位数少1个，冲模导料板上装不下，也操作不了。因为始用挡料装置全要手工拉、压操作。超过四个操作就很困难了。因此，只能用侧刃切边定位，增加切边废料，降低板材利用2%～3%。用侧刃配导正销组成送料定位系统，对于如此多工位的连续模较合适。侧刃切边定距控制送料误差，每个进距约＜±0.15mm，导正销导正校准精度可达＜±0.04mm。工位数多达8个以上，累积送进误差约＜±0.2mm。要保证 $\phi4.2_{0}^{+0.13}$mm 孔的边距 $4.9_{-0.12}^{0}$mm，以及孔与固定夹边缘 $5.7_{-0.16}^{0}$mm，都十分困难。从冲压零件精度与质量考虑，用多工位连续模一模成形的工艺方案亦不可取。

3）综合式复合模冲制精度高、质量好、效率较高。由板料一模成形这样复杂形状的零件，至少要经落料、无预孔（穿刺）翻边、压台阶、切开、两边同时冲挤冂形等多道工步。好在该零件分上、下两节，中间由斜面连接，两者有1.5mm高度差，可使上半部在整体落料同时穿刺翻边成形，而下半部用切开—冲挤复合凸模，与上半部稍后一些压出斜面后，从 $3.8_{0}^{+0.12}$mm 切口中心线切开—冲挤出两个冂形（5±0.48）mm长边，并靠凸凹模与刚性卸件器端面构成的模腔，弯出固定夹另一边。

2. 综合式复合冲压的模具结构设计

该结构采用高精度加强型滑动导向后侧导柱模架。因为有翻边与冲挤等冲压力大和冲击力强的冲压工步，同时，为了缩小冲模结构（闭合）高度，欲将模芯下部及上部推卸系统等埋装在模座沉孔中，所以模座加厚，导套加长。

（1）工作系统主要零件的结构设计　凸模两件：穿刺翻边（无预冲孔翻边）凸模13、切开冲挤凸模11。

这两件凸模细长而薄弱。虽然凸模可采用优质高碳高铬合金工具钢Cr12MoV或高速工具钢W18Cr4V、W6Mo5Cr4V2等制造，甚至经过表面强化处理，其抗压强度对冲压20低碳软钢板绝无问题，但其刚度（即抗纵弯稳定性）是一个断裂损坏的隐患。

依据材料力学中关于压杆稳定计算的Euler公式，导出凸模许用自由长度 $L_{凸}$ 的计算方法。当凸模长径比 $L_{凸}$：$d_{凸}>5$ 时，凸模会因轴向承载超过凸模材料的比例极限发生塑性变形而使凸模失稳，产生纵弯而折断。由于上述两凸模工作刃口的断面很小，又长达45mm，允许轴向承载能力很小，不加固处理必然在冲压过程中折断。

两凸模结构的加固方案相同：将凸模设计成三台阶式，冲压工作段的长度分为两段，冲

切刃口段最为薄弱。但考虑这两件凸模都进行冲裁与成形的复合冲压任务，切开冲挤与穿刺翻边，故其长度必须大于两者成形部位长度中较大的一个，即大于（5 ± 0.48）mm；考虑两件凸模在同一工位并共用一个卸件器，可取其长度为 $5^{+0.5}_{0}$ mm。按每次刃磨量为 0.15mm 计，即便刃磨 20 次也仅缩短了 3mm，t = 1.2mm 仍然可以使用。两凸模的固定端都加固成粗杆，为切口与翻边孔最后成形断面的 2 倍以上；切口冲挤凸模加厚一倍，翻边凸模直径加大一倍，这一固定段长度要大于凸模总长度的 25%，即 $L_{固} \geqslant 25\% L_{\Sigma}$。

两凸模的杆部由卸件器的模孔与其采用 H5/h5 的间隙配合，获得全行程可靠而稳固的横向支承。

（2）推卸系统的结构设计　用模柄中的推杆直接推动推板，通过其下部推杆推动卸件器实施推卸任务。为缩小闭模高度、方便制造，确保冲模开启时上、下模不脱开，除加长导套外，将模芯嵌装在上、下模座的沉孔中，可使上、下模芯与模柄装配后具有更好的同轴度。

为了送料方便，防止圆形卸料板转动、安装弹簧位置不足，扩大冲模工作区防护范围，选用大面积矩形弹压卸料板，构成完善的推卸系统。

（3）定位系统与防护装置　由于本例冲压零件展开平毛坯是一个 T 字形，采用单列对头交错有搭边排样，因仅一个工位，选用经济可靠的固定挡料销与侧向挡（导）料柱，构成其定位系统。进距 S = 29mm，送进偏差大小一般不会影响冲压精度。间隔冲裁，冲裁完一次后，将条料调头冲裁第二次。

为防止操作工人将手进入模具工作区，在送料入口与出口两侧安装了防护栅。

4.2.4　表盖四工步综合式复合模结构设计

图 4-10 所示为表盖四工步综合式复合模。该冲模冲压的表盖虽是一个形状简单的浅拉深件，但带有 2 个 ϕ3.5mm 的小孔，ϕ24mm 圆心孔带两个 ϕ3.5mm 的半圆切口和一个高 1.5mm × 宽 4mm 的凸包，工步多达四个，具有代表性和典型性。

表盖材料是 10 钢冷轧板，厚度 t = 0.75mm，尺寸精度不高，但要求表面平整、光洁，无锈斑、凹坑及碰伤划痕，具有良好的外观装饰效果。

该冲模选用标准的滑动导向对角导柱模架，采用顺装式复合模结构形式。

冲压工艺采用板裁条料，单列有搭边排样，手工送料和出件。条料入模经落料、拉深、冲孔（带切口）、冲凸四个工步的复合冲压，一模成形完成冲压零件。

结构设计将凹模 3 与凸模 6 都嵌装在下模座 1 的二台阶沉孔中，凹模压牢凸模凸肩，使下模三个主要工作零件具有良好的同轴度，依靠模架确保上下模芯同轴度，上模能对准下模进行冲压。冲 ϕ24mm 大孔带两个 ϕ3.5mm 半圆切口的凸模，由件 13、件 14 组成。两个 ϕ3.5mm 半圆切口冲头是镶嵌在 ϕ24mm 冲孔凸模两边的凸耳。这种镶嵌结构制造与修理都较方便。

冲 2 个 ϕ3.5mm 小孔的废料，由凸模推卸，从模下漏落至顶板 31 斜面上，自动滑落至机床台面下的废料箱中。

中心孔 ϕ24mm 带凸耳的废料，由弹顶器顶出模，与上模打落的冲压零件一同用手持工具卸出，也可用压缩空气吹卸。

由于在固定挡料销部位无搭边，其他部位有搭边和沿边，不会使搭边框卡在落料凸模上，其卸料力很小，故落料外圆可不用卸料板。

缓冲弹顶器的顶杆托盘上，加了垫圈 30，作为顶出杆托盘上顶时的定位装置，又可帮

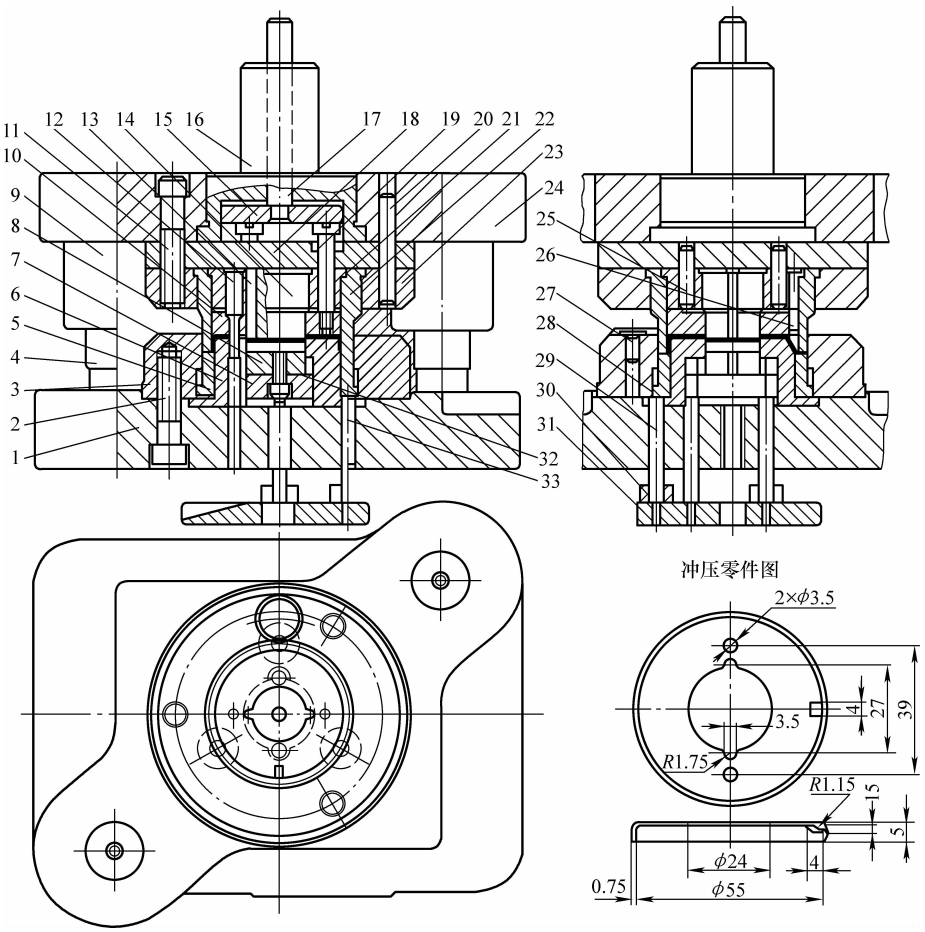


图 4-10　表盖四工步综合式复合模

1—下模座　2、11、19、32—螺钉　3—凹模　4—导柱　5—压边圈　6、12、13、14、22、26—凸模　7—顶板座　8、31—顶板　9—导套　10、15—推板　16—模柄　17—推杆　18—垫板　20、25、33—销钉　21—固定板　23—凸模固定板　24—上模座　27—固定挡料销　28、29—顶杆　30—垫圈

助卸出废料。

4.2.5　落料拉深综合式复合模结构设计对比

在普通机械压力机上进行落料拉深复合冲压，往往要受到压力机滑块行程大小的制约。一旦拉深件高度稍大一些，会使模上出件发生困难。带平凸缘的拉深件和一些不带凸缘但底部有孔、有凸包及压印的拉深件，都要在模上出件。当冲模开启后，上下模的空间距离小于或等于拉深件高度，拉深件就不能从模腔中拿出来，即冲制好的零件不能从模上推卸出来。为了克服这个缺陷，必需改选更大吨位、压力机滑块具有更大行程的压力机。当其行程大于拉深件最大高度的 2 倍，最好达到 2.1 ~ 2.5 倍时，模上出件就方便了。

冲模在冲压过程中，模架的导柱与导套、凸模与导板不能脱开。落料拉深综合式复合模则也如此。对于高度大的拉深件用冲模，尽量压缩其闭合高度意义重大。首先，可使其装模高度减小，在压力机行程不变的情况下，模具开启高度加大，出件方便；其次，无需加长导柱与导套，并简化冲模推卸系统的结构；此外，冲模闭合高度过大，往往需要更大吨位的压力机，而实际所需拉深力与拉深功并不大，形成大设备加工小工件，造成浪费。

图 4-11 所示是对不同拉深件用综合式复合模冲压，采用的模具结构形式，可供设计参考。

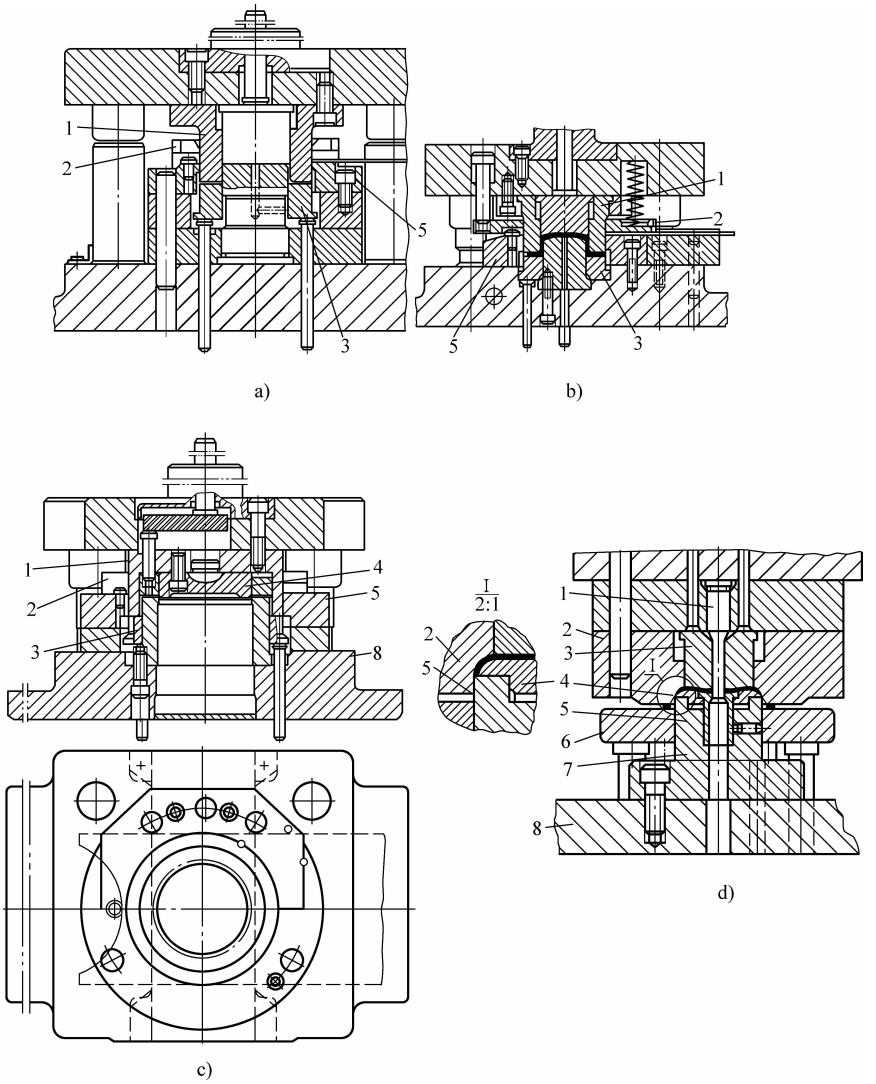


图 4-11　不同拉深件用综合式复合模的结构形式

a）拉深凸、凹模平装在模座上，加长模架导柱与导套　b）将拉深凸模嵌装于下模座中，减小了闭合高度　c）加厚模座，嵌装凸模及推卸机构，减小了闭合高度　d）拉深并切边、冲孔的模芯结构。浅拉深可平装于模座上

1—落料或冲孔凸模　2—固定或弹压卸料板　3—顶（卸）件器　4—冲内孔（形）凸模　5—凹模　6—压边圈　7—切边凸模　8—下模座

4.3　综合式复合模典型结构实例

下面列举的综合式复合模典型结构，都是经过长期生产中实际使用的实用结构形式，具有较好的推广应用价值。

4.3.1　顶盖倒装结构综合式复合模

该冲模对板裁条料，手工送料，一模成形冲制出如图 4-12 所示冲压零件顶盖。

条料送入模，由可伸缩活动挡料销 3 挡料定位，而后开始冲压。该冲模是先将材料拉深到所需要的高度后，再进行挤边，同时还完成压 $R0.6$mm 凹坑、冲孔工步。凹模 4 与拉深凸模 6 之间按一般拉深间隙选取，而凹模与挤边凸模的间隙则采用 H7/h6 配合。间隙大了挤边毛刺大。对于料厚 $t=0.6\sim1.2$mm 的类似冲压零件，可采用该结构冲模。

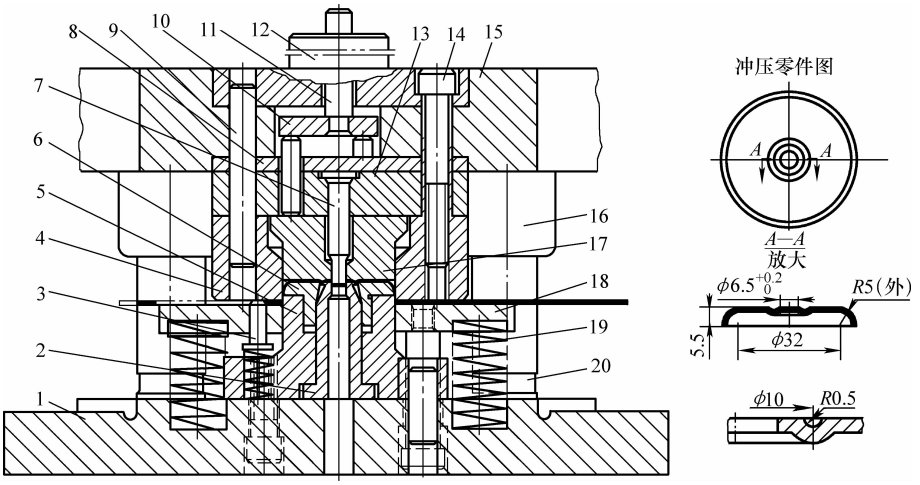


图 4-12　顶盖倒装结构综合式复合模

1—下模座　2—冲孔凹模　3—可伸缩挡料销　4—凹模　5—凸凹模　6—拉深凸模　7—冲孔凸模　8—垫板　9—固柱销　10—推板　11—打料杆　12—模柄　13—凸模固定板　14—螺钉　15—上模座　16—导套　17—卸件器　18—卸料板　19—弹簧　20—导柱

4.3.2　接片倒装结构综合式复合模

对薄料和超薄料小型复杂形状的弯曲件，采用综合式复合模冲制难度较大。该零件的内外形同轴度及外凸臂的位置度要求高，其材料又是很软的 H62 黄铜带。采用连续模冲制，不仅尺寸精度难以保证，而且送料也会因搭边刚度不足，产生变形。

图 4-13 所示为接片倒装结构综合式复合模。该冲模采用倒装结构，使用高精度对角导柱模架。为方便制模与修模，凸凹模 28、29、30 全部采用拼块，凹模由拼块 11、12 拼合，采用外框固定法固定。凸模 7 由凸模固定板 16 固定，并以推块 27 作导向，以保证其准确的位置与足够的强度。凸凹模伸入凹模的深度由定位套 2 控制。

4.3.3　外套顺装结构综合式复合模

对于小型立体成形零件，用单工位综合式复合模直接从原材料一模成形，可以获得尺寸与几何精度高、一致性好、互换强的优质零件；但其结构复杂，设计与制造技术要求高。膨胀合金外套冲压零件的形状与尺寸见图 4-14。采用落料、拉深、冲孔、翻边四工步冲压工艺的外套顺装结构综合式复合模，一模成形，是实际使用的典型结构。

该冲模结构适用于翻边高度较大，在拉深后翻边的立体成形零件。

4.3.4　导电片顺装结构综合式复合模

用单工位综合式复合模冲制弯曲零件，由于冲压零件的回弹及冲裁刃口与弯曲模腔长期冲压过程中自然磨耗的差异，会给凸凹模修理提出更高要求。冲模设计在选型、结构设计以及工作零件选材时，都应考虑这一因素。

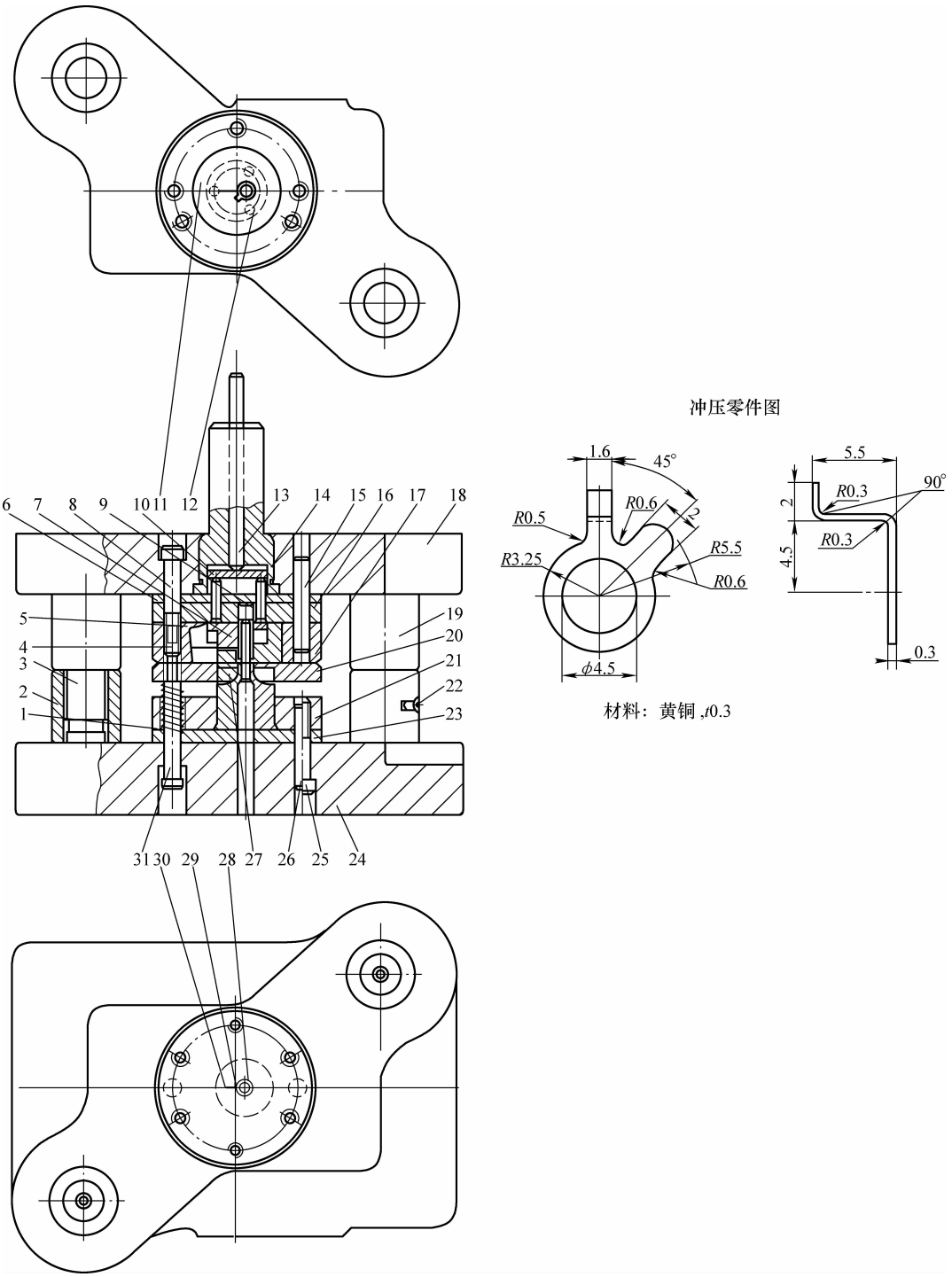


图 4-13　接片倒装结构综合式复合模

1—压缩弹簧　2—定位套　3—导柱　4、27—推块　5—圆柱销　6、23—垫板　7—凸模　8、25—内六角螺钉
9、13—推杆　10—推板　11、12—凹模拼块　14—冲模柄　15、26—销钉　16、21—凸模固定板
17—凹模框　18—上模座　19—导套　20—卸料板　22—埋头螺钉　24—下模座
28、29、30—凸凹模　31—脱料板螺钉

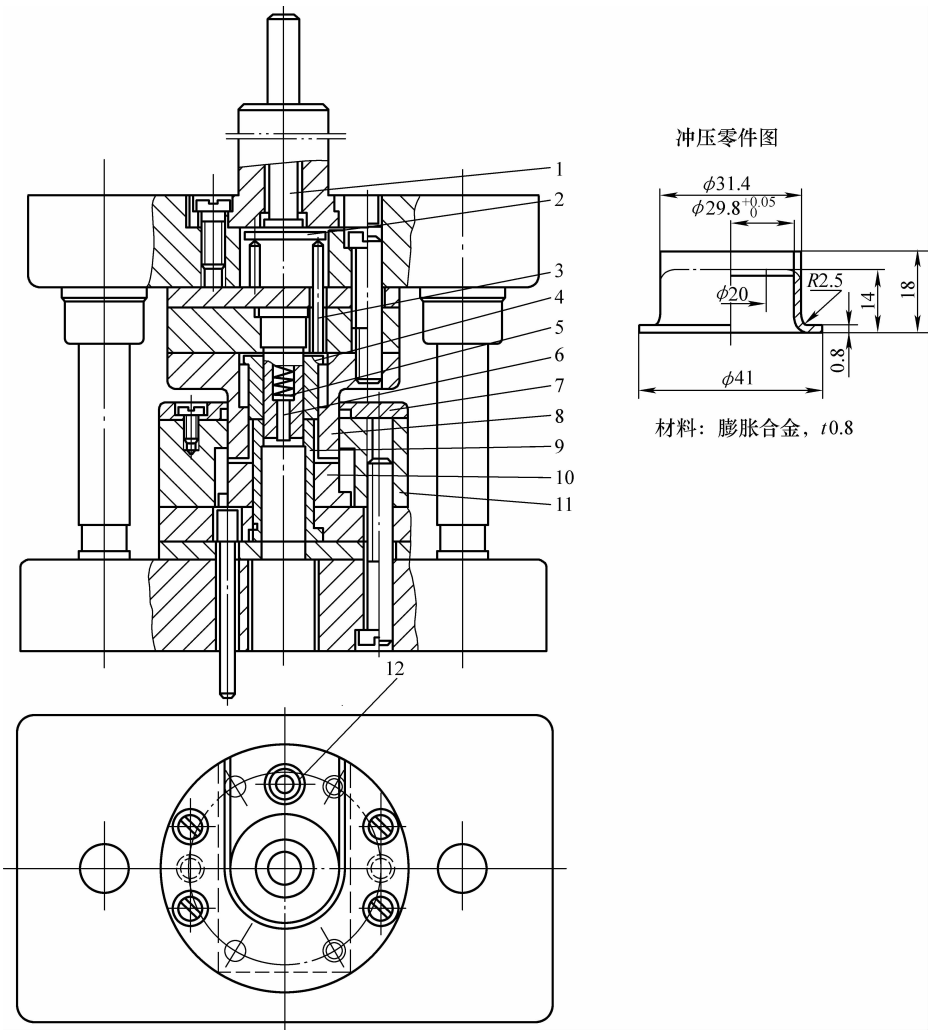


图 4-14　外套顺装结构综合式复合模

1—打料杆　2—推板　3—推杆　4—卸件器　5—冲孔凸模　6—废料弹顶器　7—固定卸料板　8—凹凸模　9—凸凹模　10—顶件器　11—落料凹模　12—固定挡料销

图 4-15 所示为导电片顺装结构综合式复合模。由凸凹模 8 与顶板 24 相配而弯曲成形。顶板 24 是通过顶杆 21 和附加橡胶体或弹簧装置用力顶住工件的。顶板 24 应高出凹模，以便弯曲后再落料、冲孔。在弯曲处，模具易磨损，外形要求不高的零件可采用此种结构。

本例冲模是弯曲、冲孔、落料综合式复合模，适用于冲制材料较薄、工件较小、弯曲高度不大、要求不高的零件。

4.3.5　调节片顺装结构综合式复合模

从图 4-16 冲压零件图可以看出，该零件不仅材料软而薄，结构尺寸为：长 × 宽 = 105mm × 10mm，刚度差。为提高其结构刚度，零件沿中心线压出半圆凹形筋，中间弯成凹口，长 19mm。通常情况下，这类冲压零件多用多工位连续复合模冲制。为获取更高的尺寸与几何精度，特别是平整的外形及良好的平面度与直线度，特意设计了如图 4-16 所示顺装结构综合式复合模，其结构具有很好的推广应用价值。

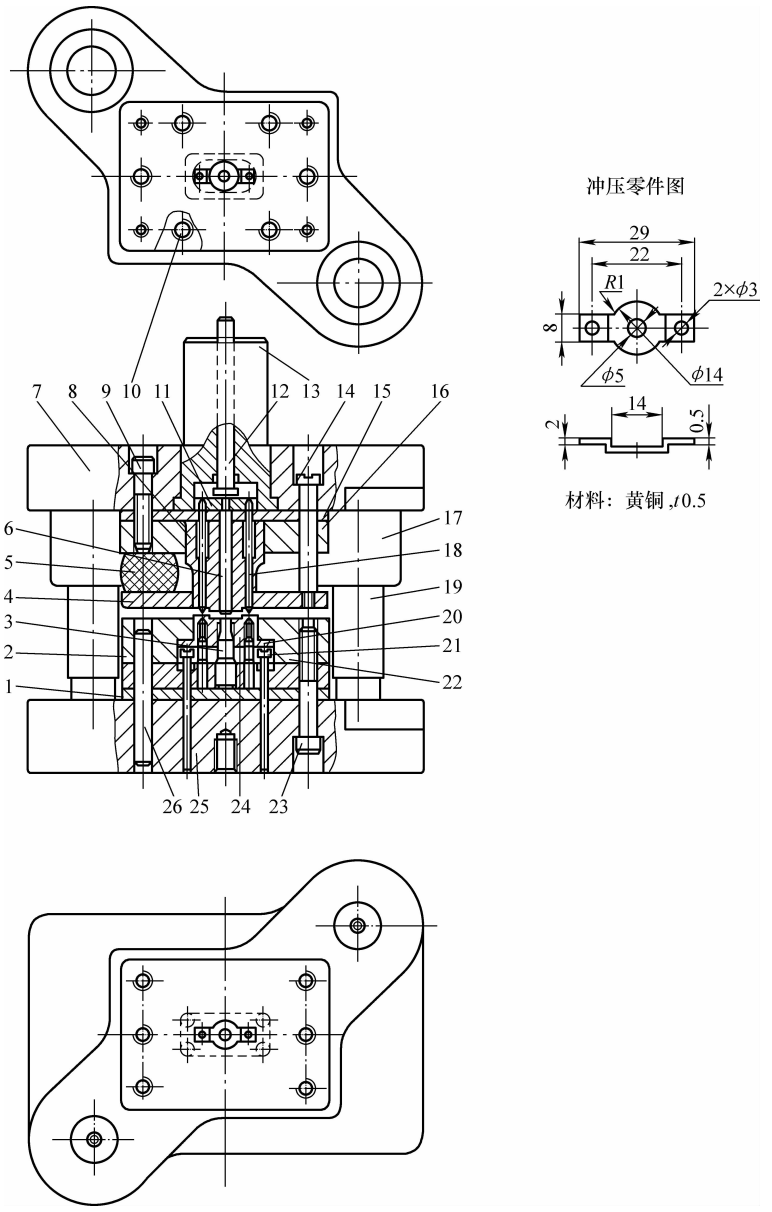


图 4-15　导电片顺装结构综合式复合模

1、15—垫板　2—凹模　3—凸模　4—卸料板　5—橡胶垫　6、11、12、18—推杆　7—上模座
8—凸凹模　9—内六角螺钉　10、26—销钉　13—模柄　14—卸料板螺钉
16、22—凸模固定板　17—导套　19—导柱　20—凸模　21—顶杆
23—内六角螺钉　24—顶板　25—下模座

本例冲模为弯曲、压筋、落料、冲孔多工序复式冲模，适宜冲制材料不太厚，弯曲度不太高的零件。凸模是由 7、9、10、11、12 六块组合而成，因而制造大为简化，同时也便于修磨。顶块 1 应比凹模高出一些，以便冲制时先弯曲成形，然后再落料冲孔。这样，零件尺寸才能得到可靠的保证。定位钉 3 与凹模刃口部分相切，使废料互不相连，因此就不需脱料装置了。

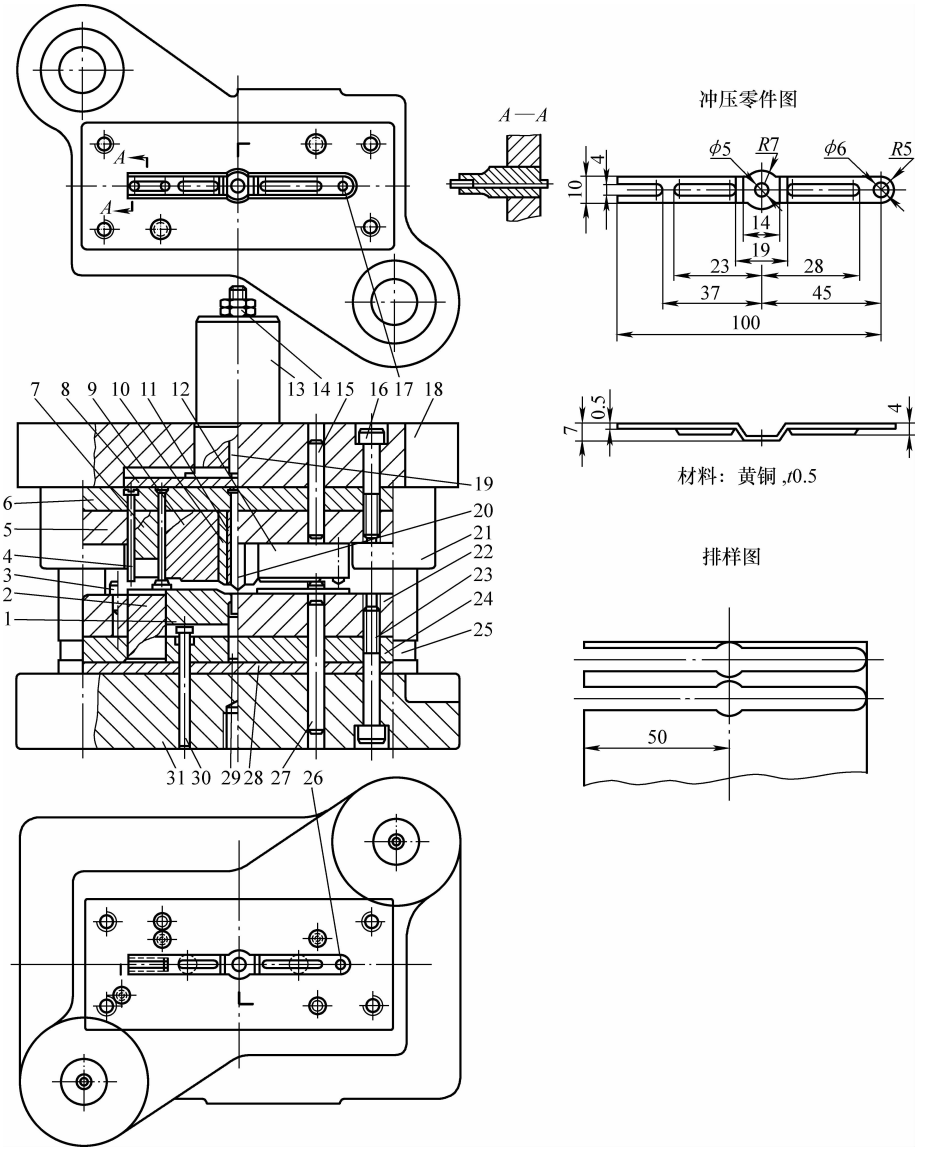


图 4-16　调节片顺装结构综合式复合模

1—顶块　2、7、9、10、11、12、26、29—凸模　3—定位钉　4、17、19、20—推杆　5、24—凸模固定板　6—垫板　8—推板　13—模柄　14—六角螺母　15、27—销钉　16、23—内六角螺钉　18—上模座　21—导套　22—凹模　25—导柱　28—垫板　30—顶杆　31—下模座

4.4　连续式复合模的结构类型及设计要点

现代冲压技术作为制造业的主导工艺技术之一，得到了迅速发展。直接用板、条、带、卷等各种原材料，采用多工位连续模一模成形冲制成品零件，不仅大幅度提高了生产率，降低了成本，而且改变了冲压加工的毛坯生产性质，用多工位连续式复合模一模成形冲制的各种复杂形状的立体成形件，是其他加工方法根本无法完成的。

4.4.1 连续式复合模与综合式复合模的比较

与只有一个工位，进行分离与变形工艺作业的综合式复合模不同，多工位连续式复合模不仅可以依靠其具有更多的工位，进行更多工步的工艺作业，而且也可拥有进行两个或两个以上冲压工步复合作业的复合冲压工位。从这个意义上讲，多工位连续式复合模可以进行比综合式复合模更多的冲压工步，故其加工范围更大、应用更广。连续式复合模与综合式复合模的对比见表 4-1。

表 4-1 连续式复合模与综合式复合模的对比

对比项目		多工位连续式复合模	单工位综合式复合模	备 注
结构特点	工位数/个	≥2，多则不限	1	
	可冲压工步数	不限	3～4 个较多，5 个以上困难	
	结构形式	顺装结构，漏件出模	顺装与倒装两种结构形式，模上出件	模上出件效率要低一些
	推卸系统	用固定卸料板或弹压卸料板，主要起卸料作用，有的兼有对细长凸模导向作用，冲压零件大多由凸模从模孔推出漏件出模	大都用弹压卸料板卸料，冲孔废料有漏料出模或卸料器推卸至模上卸下，但工件都由顶件器从凹模顶出，模上出件	
	定位系统	复杂，要求高。构成模式多	简单，要求不高。构成模式单一	
	整体结构	松散，庞大	紧凑，精小	
工艺技术功能	可加工材料	以金属薄板、条、带、卷料为主	除金属薄板、条、带、卷料之外，还可冲制皮革、人造革、橡胶、纸板、毛毡以及其他非金属材料	仅考虑可冲压成形材料
	冲压料厚 t/mm	可冲压 $t=0.2\sim4.75$ 推荐的 $t=0.6\sim2.0$ $t_{max}<6.0$	可冲压 $t=0.05\sim3.0$ 推荐的 $t=0.2\sim2.0$ $t_{max}<3.0$	按可冲压成形料厚计
	最大送料进距 S_{max}/mm	120～150	≥250	
	冲压精度 IT	一般为 10～13	10～11	
	冲压零件几何精度	一般	好	
	生产率	高	一般或较低	
	高速冲压功能	较好，冲压频率可适应 400 次/min 以上，高达 800 次/min，目前最高达 1200 次/min	较差，冲压频率不宜超过 80 次/min，手工出件应小于 40 次/min	
	生产安全性	好，送料在模外，手不能进入模具工作区	用手工送料和出件，不安全	
	机械化与自动化的适应能力	适应性强	不适应	

4.4.2 连续式复合模的结构类型及特点

1. 连续式复合模的结构类型

表 1-9 列出的普通全钢冲模中，按导向方式、卸料装置结构及冲压工步的组合方式，将

连续式复合模分为五大类。应该指出，无导向固定卸料结构的连续式复合模，一般工位数仅 2 ~ 3 个，冲制零件形状简单，模具制造与修理也都简单，制模费低，因此至今使用仍相当广泛。但这种连续式复合模，不仅冲压精度低，更主要的是操作安全性很差。应注意改进这类冲模，增加安全防护设施或增加导向装置，采用模架。

在有导向装置的四大类连续式复合模中，固定卸料导板式连续复合模适用于电子、仪表等行业小型立体成形件的冲压，弹压卸料导板式连续复合模适用于薄料与超薄料高精度小型成形零件的生产。应用范围广泛、用量大的是使用导柱模架固定卸料与弹压卸料两种结构形式的连续式复合模。

2. 连续式复合模的结构特点及应用

除平板冲裁件外，所有立体成形冲压件，如欲一模成形，只能采用单工位的综合式复合模和多工位连续式复合模。

分析和熟悉各种典型的、有代表性的连续式复合模结构，对进行这类冲模的结构设计是有益的，也是十分必要的。

连续模，尤其是多工位连续式复合模的结构设计，与单工位综合式复合模不同。连续式复合模是通过对冲压零件，从毛坯展开到所需冲压工步的展开、分解、组合，用多工位分步冲压；而综合式复合模则是将毛坯展开到所需全部冲压工步组合在一个工位上，在压力机的一次行程中，先后完成。因此，多工位连续式复合模的结构设计，主要凭借冲压零件的冲压工艺及其展开平毛坯合理而先进的排样图设计。在排样图上，应充分显示出多工位连续式复合模的冲压工艺过程、排样方式、工位布置、工位与冲压工步数、节制送料定位的模式及系统构成、送料进距及其公差、送进料宽及其公差、工位间送进方式、各冲压工步的工件尺寸等。综合式复合模只能根据冲压零件的展开毛坯，设计落料工步刃口形状与结构，其他冲压工步则只能以冲压零件图样或实物，按其冲压工步需要沿冲压方向排布理顺。虽然可以利用计算机数值模拟技术，对冲压成形的全过程进行仿真模拟和全面分析，可以看出综合式复合模冲压过程及其结构设计的合理性，弥补其排样及工艺编制的不足，但在这一点上，远不及多工位连续复合模更方便、更灵活，修改和变更增减工位空间更大。

综上所述，从多工位连续式复合模排样方式与排样图设计入手，分析其结构特点，更具合理性、实用性。

（1）用分切组合排样的多工位连续复合模　用多工位分别冲裁和成形冲压零件的一部分，工件在原材料上直送至最后落料工位，自然累积组合成完整的合格冲压零件。这种排样方式较广泛地用于连续冲裁零件，也可用于连续式复合模冲压零件，见图 4-17。

该冲模因冲制零件尺寸小而形状复杂，压窝成形是冷体积冲压刚性冲击，其凸模断面小而细长，尤其 ϕ1mm 冲孔凸模，故结构设计选型采用中间导柱模架、弹压卸料导板式冲模结构。该结构导向精度高，动态稳定性好；用双侧刃节制送料，保证进距精度；用加厚导板增加对凸模的横向支承与保护。凹模的压窝成形模腔，采用整体镶块嵌装。

（2）用拼切组合排样的连续式复合模　冲压零件展开平毛坯的内外形冲裁轮廓比较复杂，都要分工位逐段冲切后拼合。这种拼切组合排样法是多工位连续式复合模，一模成形冲制复杂立体成形冲压零件常用的冲压工艺和排样方法。这种排样虽然增加冲压工位，但简化了模具制造。与上述分切组合排样不同，其拼切刃口相互关联并要重合，增加了结构设计复杂程度与制模难度。图 4-18 所示拉链盒十工位连续复合模便是一典型实例。

该零件材料为 H62 黄铜，料厚 $t = 1.5$mm，常年大量生产，采用半硬状态卷料或带料。

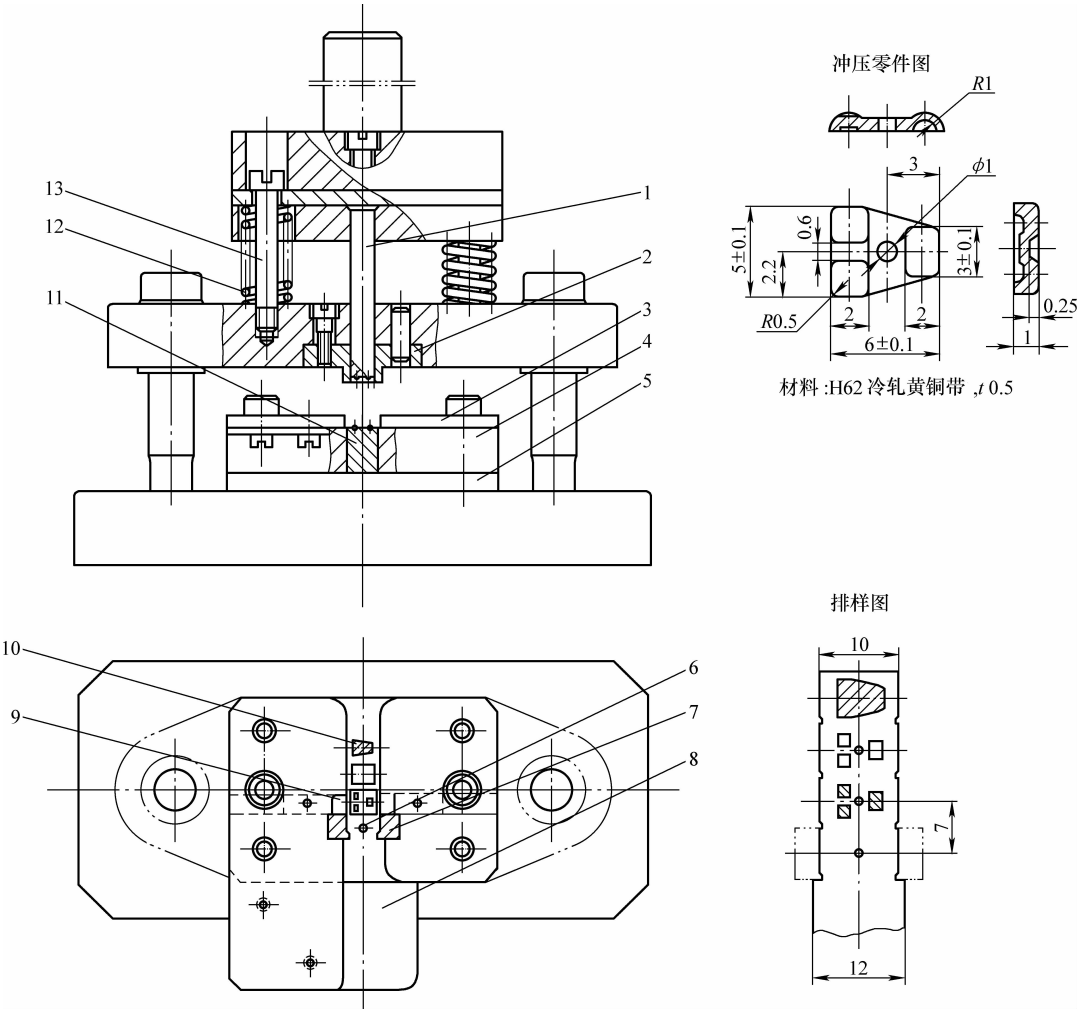


图 4-17　接触板压窝落料连续式复合模

1—压窜凸模　2—压板　3—导料板　4—凹模　5—垫板　6—冲孔凸板　7—侧刃　8—承料板
9—侧刃挡块　10—落料凸模　11—凹模镶块　12—弹簧　13—螺钉

虽精度要求不高，但外观要求平整、光洁，有较好的装饰效果。

冲压工艺采用分工步冲切外形，分多次多工位弯曲成形，最后切断分离，弯出盒中间左半边。具体的十个工位的冲压工步为：Ⅰ工位切开外廓四段圆弧；Ⅱ工位空挡；Ⅲ工位冲切两边外廓底边；Ⅳ工位冲中间两方孔一个矩形孔；Ⅴ工位空挡；Ⅵ工位冲切右边外形；Ⅶ工位空挡；Ⅷ工位弯矩形外边底呈⊔形；Ⅸ工位切断中间左半部并弯曲；Ⅹ工位切断中间右半部与原材料分离并弯形。

该冲压零件虽较复杂，但经合理分解与有序排样，按连续冲压工艺顺序的原则，排出冲压工步，再考虑冲模结构设计需要和冲压工艺合理性制约，增加空挡工位三个，实际冲压工步为七个。

该冲模适应冲压零件精度不高的要求，但考虑连续常年大量生产，故采用动态稳定性好，抗交变载荷与抗疲劳能力强的滑动导向四角导柱加强型模架。Ⅰ工位冲四圆弧的薄凸模，都加固其杆部为整体矩形。

冲小方孔与矩形孔的凸模，也都将杆部加粗，用加厚的固定卸料板与凸模匹配的模孔。

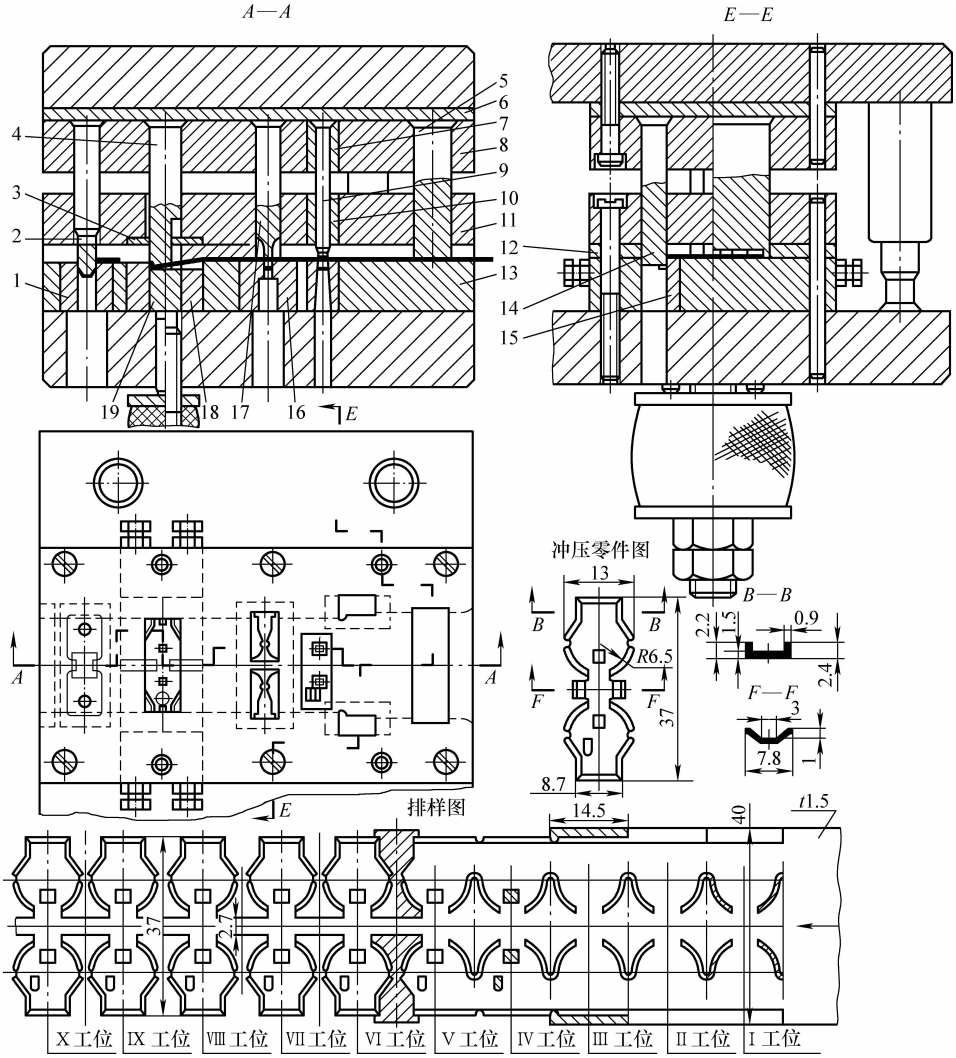


图 4-18　拉链盒十工位连续式复合模

1—弯形凹模　2—弯形切断凸模　3—限位挡板　4—切断弯形凸模　5—切开凸模　6—垫板　7、10—护套　8—固定板　9、17—冲孔凸模　11—固定卸料板　12—导料板　13—凹模框　14—侧刃　15—侧刃挡块　16、18—凹模镶块　19—顶件器

一律采用其轴制，按 h6/H7 配合加工，使其对凸模杆部实施良好导向，凸模工作的刃口段长度按（5 ~ 6）t 制取。

为确保冲模的良好导向不被损坏，可将模架导套按实际需要加长，保证冲模开启时，上下模非但不脱开，凸模仍滞在卸料板模孔中。为了做到这一点可选用行程可调压力机冲压，或者加厚卸料板，使冲模闭合后，凸模外露长度不足其总长度的 20%。

凹模采用分工步的嵌装整体镶块结构，便于制造、修理、调节、更换。

采用角型侧刃，两边两组从严控制送料进距。

（3）沿边与搭边组合冲切排样的多工位连续复合模　裁搭边、裁沿边或搭边与沿边组合冲切的排样，是多工位连续式复合模冲压零件经常采用的排样方法。这三种排样方法的实质就是分工步逐工位冲切去立体成形冲压零件展开平毛坯的工艺废料，即沿边与搭边，获得展开毛坯的大部分外廓，留出一小部分搭边，作为工件与原材料连接的纽带，将工件保留在

原材料上，随着送料携带至各工位，进行冲压至最后完成冲制，才从原材料上切断分离出来。图 4-19 所示为电机离合器支架七工位连续式复合模。

该冲压零件外形复杂，具有 ϕ22mm 圆筒，仅 3mm 高的竖立凸缘；还有两边弯角顶带有长 × 宽 = 15mm × 3.9mm 的矩形孔。而且，圆筒内径精度要求较高，为 $\phi19^{+0.08}_{0}$mm。其外径为 ϕ22mm，距边缘最小距离仅 1.5mm，用冷轧 25 钢板的剪裁条料一模成形，有一定难度。

冲压工艺采用单列直排裁搭边与沿边组合冲切排样。用成形侧刃配导正销，节制送进材料，控制送料进距偏差。安排冲孔、翻边、冲矩形孔、弯曲、切断五个冲压工步，见排样图。因冲模结构设计需要，并为提高最后切断工位精度，增加了两个空工位，变成七工位连续式复合模。

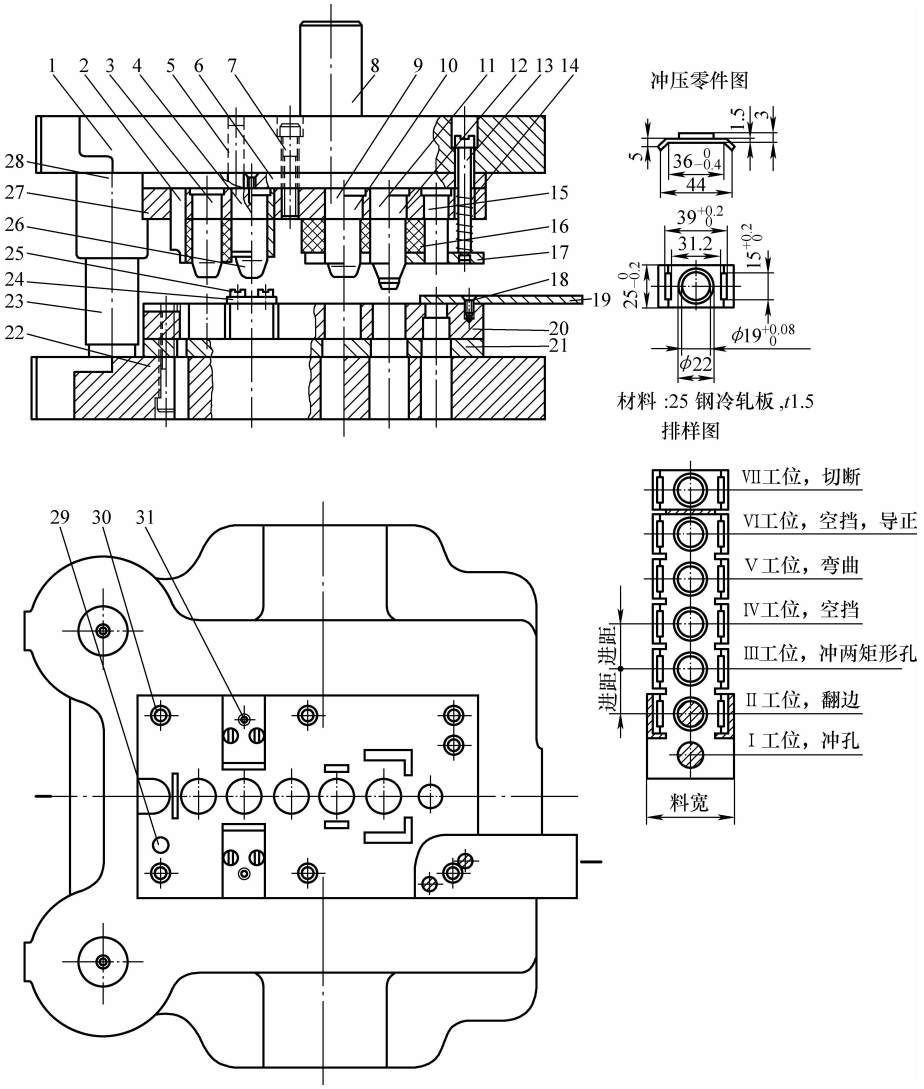


图 4-19　支架七工位连续式复合模

1—上模座　2—切断凸模　3、10—导正销　4—打弯凸模　5、29、31—圆柱销　6—上垫板　7、30—内六角螺钉　8—模柄　9—矩形孔凸模　11—成形侧刃　12—翻边凸模　13—卸料螺钉　14—弹簧　15—冲孔凸模　16—橡胶体　17—卸料板　18—沉头螺钉　19—导料板　20—凹模　21—下垫板　22—下模座　23—导柱　24—打弯模块　25—圆柱螺钉　26—导头　27—固定板　28—导套

该冲模冲制支架零件，解决了单工位综合式复合模不能解决的如下几个难题：

1）翻边凸缘外径 ϕ22mm，距总宽仅 25mm 的零件边缘太近，最近点仅 1.5mm，而该零件料厚 $t=1.5$mm。单工位复合模的凸凹模虽可制造，但壁太薄、料太厚，制造出来也强度不足，无法使用。

2）在弯角顶冲孔，而弯边长仅 4mm，孔为 15mm×3.9mm 矩形孔，孔边距为 2.5mm。单工位综合式复合模，很难在预冲孔翻边的凸凹模两边，再行冲孔与弯边。

3）在一个工位的复合模上，冲制出尺寸如此小而冲压工步多达 5 个，且具有翻边与弯曲冲压工步的零件。即便勉强冲制出，调校修准弯曲回弹后的实际弯曲角、修理凸凹模、模具寿命低等，都有问题。

这套连续式复合模在结构设计上有以下特点：

1）采用标准的滑动导向后侧导柱模架、弹压卸料结构。模架横置而又采用横向送料形式。这样可使操作者坐着操作，脚踏压力机开关，手持板裁条料，从右向左送料。上料、卸料与出件都方便。

2）由于有翻边、弯曲工步，为使操作者看清送料位置，并使送料方便抬起进入各工位，在模具工作区不用导料板，而安置了打弯模块 24，保证了顺畅送料。

3）采用成形侧刃，切除沿边与部分搭边，获得展开毛坯的大部分外廓。仅留中间部分搭边，作为连接工件与原材料纽带。用送料携带工件至各工位冲压，至最后一个工位，切断分离。

4）用导正销（导正凸模）在空挡工位导正、校准送料进距，保证了工件的尺寸与几何精度。

5）七工位沿送料方向呈直线布置并采用成形侧刃，使该冲模结构简化，制造方便，而生产率高，工件质量好。

（4）非直线送进的多工位连续式复合模　有些连续式复合模，其工位非但不是完全沿送料方向呈直线排布，甚至诸工位也不在同一平面上，而是总体呈 L 形或任意角形布置。通常情况下，进行冲孔、切口、落料等前几个冲裁工位，仍然是沿送料方向在同一平面，呈直线布置。成形工位则垂直于送料方向布置。主要是需要凸模工作（负载）行程较大的长弯边弯曲、高度大的拉深以及需要横向施力冲压的复杂冲压零件，欲一模成形，自动冲压，提高效率，常常采用这种冲模结构。图 4-20 所示为弹夹连续式复合模。

弹夹是用料厚 $t=0.9$mm 的 65Mn 弹簧钢带料或卷料，由图 4-20 所示三工位四工步连续式复合模一模成形冲制完成的。

冲压工艺采用无搭边单列直排。其展开毛坯为一带中心孔的矩形长条，四角有 45°大倒角。采用宽度为 $25_{-0.2}^{0}$mm 的带料或卷料。原材料送入模，经可调校直凸模 10 消除轧制与卷料自然拱弧，并反向压弯回弹预弯量，送入模至适形挡料块 8，在Ⅱ工位进行冲孔、落料并弯曲成形。待上模回程后，由双作用斜楔 20，推动楔滑块 19 带着推板，将已弯成的形坯件，推到弯曲模芯 14 上。上模下行先用弹压弯曲凸模 13 压紧形坯件，模芯两边的两组单作用楔，驱动楔滑块 16，相向对准模芯上的坯件进行双向水平冲弯，其端面就是与模芯匹配的弯曲模腔，至冲模闭合，压弯成形完成。待模具开启后，下一个形坯件进入模芯，将成品弯曲零件推出模。

该冲模仅三个工位：第Ⅰ工位校直。因为 65Mn 弹簧钢强度高，弹性大，弯曲后回弹大。校直带（卷）料并反向预弯，消减回弹。第Ⅱ工位是三个工步，即冲孔、落料、弯形

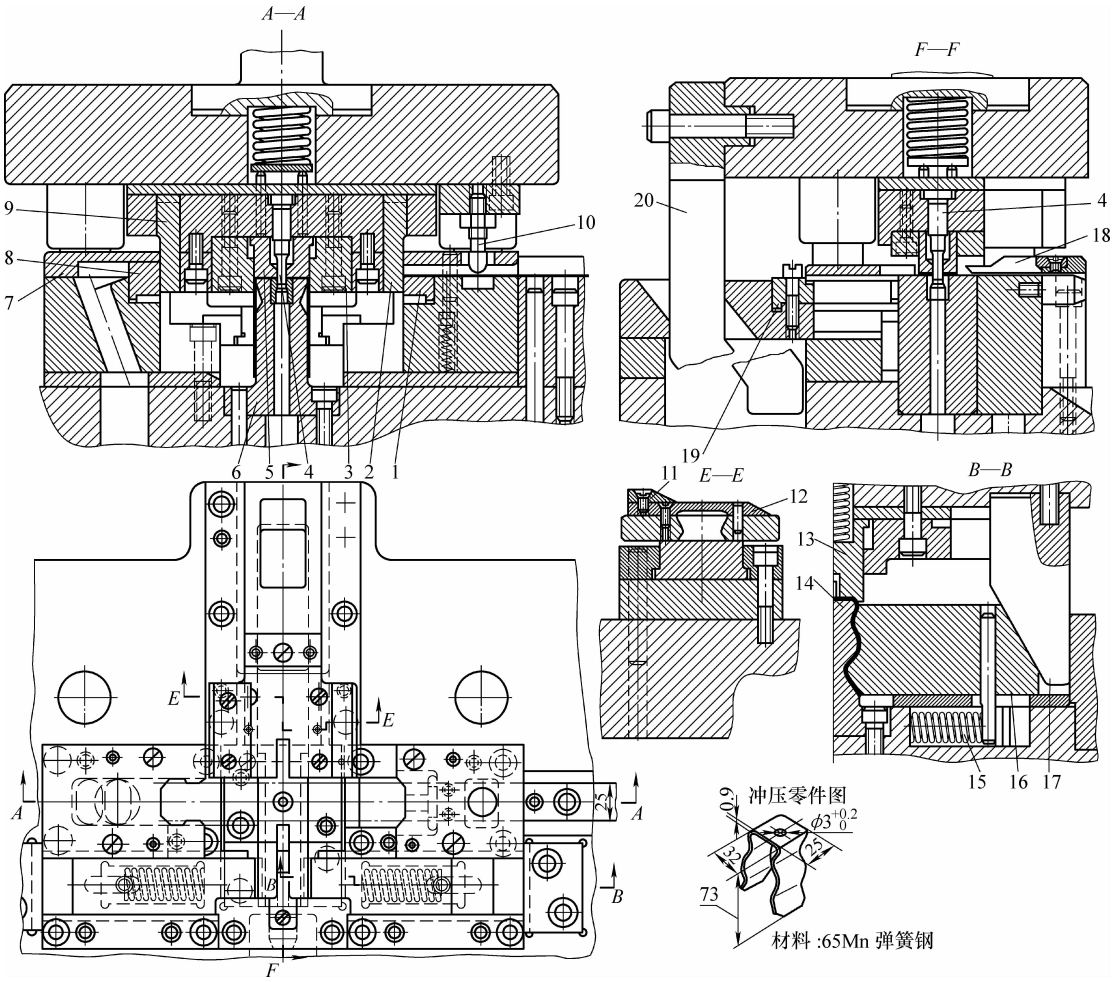


图 4-20　弹夹连续式复合模

1—落料凹模镶块　2、9—落料凸模镶块　3—弯曲凹模　4—冲孔凸模　5—卸件器　6—凸凹模　7—固定卸料板　8—适形挡料块　10—可调校直凸模　11—固定板　12—楔滑块推板　13—弹压弯曲凸模　14—弯曲模芯　15—弹簧　16—楔滑块　17—单作用驱动楔　18—护件板　19—楔滑块　20—双作用斜楔

复合冲压；第Ⅲ工位是用斜楔在同一平面，垂直于冲压方向和送料方向，在平面相对的两个方向同时横向冲弯成形。尽管工位数不多，结构却较复杂。其结构特点如下；

1）该冲模配通用送料装置可全自动冲压，也可用带料手工送料冲压。

2）弹夹产量大，冲模采用非标准加强型四导柱模架。不仅动态满载稳定性好，长时间连续高速冲压不变形、抗疲劳。

3）结构设计中，很好地解决了弯曲回弹大的问题。将入模带（卷）料先校直预弯，待弯成形后，回弹已由预弯获得补偿。预弯下压多少，可从工艺或试模时得到准确数据，并可按需要随时调节预弯量。冲模设计的弹压弯曲凸模 13 是可调的。

4）工位间送料，采用了专门的斜楔传动的推送系统，改变了送料方向，并使长弯边弯曲件的出件推卸系统得以简化。弹夹零件弯边长、高度大，弯曲形状复杂，不利于模上或模下出件。该冲模充分考虑冲压零件形状，采用“件推件”平推出模，平稳可靠又利于集中装箱转序或入库。

5）用可以推拉楔滑块上的推板，准确推送待弯成形的坯件至第Ⅲ工位，并能及时复位，选用双作用楔稳定、可靠。靠弹簧复位的单作用斜楔，在长时间工作后，发生哪怕是很轻微的塑性变形，都会出现送进误差加大，或推板退让不到位，造成事故。弯曲成形的Ⅲ工位模芯，两边对应的两组楔传动横向冲弯机构，采用单作用驱动斜楔，弹性复位较合适。只要弹簧不断即可正常工作。因为楔滑块复位压力很小，即便复位稍有误差，亦不影响模具正常工作。有关冲模用斜楔的选用与设计，见本书第9章。

随着现代冲压技术的迅速发展，各种机电与家电产品结构轻型化，采用复杂立体形薄板冲压的结构零件越来越多，促使一模成形冲制出各种复杂形状的高精度成品零件的冲压高技术，主要是多工位连续式复合模的设计、制造与应用日益广泛。这类冲模的结构随冲压零件的材料、形状、尺寸及其冲压工艺而变化无穷，其结构类型与特点也在迅速扩大与变化中，依其设计的主要依据的排样方法与排样图设计进行概略的归类，可以看出其主要结构特点。以上用典型实例说明其结构特征，还仅限于常用的中小型冲压零件。

4.4.3　连续式复合模的结构设计要点

从各种类型的普通全钢冲模的构成来讲，多工位连续式复合模结构最复杂，不仅包含了其他类型冲模的所有零部件，而且因其结构形式，随冲压零件的形状结构与尺寸及复杂程度变化无穷，故还有大量非标准的、专用的零部件工作系统、辅助系统、模芯外的送料与推卸系统等构成，而所有构成连续式复合模零部件、辅助装置及附加系统，都可以全部或部分用于其他冲模。因此，连续式复合模的结构设计，在成批与大量生产的、中小型板料冲压零件用众多普通全钢冲模中，具有广泛的代表性和典型性，并有综合冲模设计技术的特点。

1. 冲压零件工艺分析及工艺方案制定

欲使用多工位连续式复合模进行连续冲压一模成形，往往受到方方面面的因素与条件的限制。

（1）冲压零件连续冲压的工艺性　凡使用连续式复合模冲压的，都是立体成形冲压零件。首先要绘制其展开平毛坯图，而后对照其冲压成品零件图样，进行全面工艺分析。不仅要确定其冲压适应性，更主要的是，看其进行连续冲压一模成形的可行性。因此，可以从其展开平毛坯，核实其冲裁工艺性；按其冲压成品图样，确定其成形即冲压变形，包括拉深、弯曲、卷圆、扭曲、翻边、缩口、卷边、起伏、扩口、胀形、压印、打扁、聚积增厚等成形作业的工步种类，以及连续冲压的可能性。

（2）冲模制造的技术水平与冲压生产的工艺技术水平　有一些多工位连续式复合模，特别是具有光洁冲裁工位、精冲工位以及进行V形齿强力压边精冲（FB）的连续模，往往要求送料定位精度达到 $\pm0.002 \sim \pm0.005$mm，冲裁间隙 $C<0.01$mm，模架要求接近零误差导向；刃口与模腔表面粗糙度 $Ra \leqslant 0.1\mu$m，甚至要求镜面处理。目前，国内多数模具生产厂家还不具备这种较高的制模水平。如果遇到这类冲模，不考虑现有供货模具厂点的制模技术水平，再理想的结构设计，也制造不出合格冲模，冲制不出合格工件。

很好的结构、很高冲压精度的冲模，必须有高技术调整工安装调试，要有高技术细心的操作工操作，才能显示出冲模良好技术状态和优越的工艺技术功能。即便在线自动冲模、自动冲压线冲模，也要正确安装、合理调试。要使冲模达到均匀冲裁间隙、合适而均匀的拉深压边力、精冲质量高且其冲切面完好率达到100%等，都要靠调整工的调校冲模的技术水

平。在普通压力机安装冲模、控制压力机下死点位置波动，甚至合理调节卸料板弹簧与缓冲器弹簧压力大小，都与调整工、操作工的技术水平有关。

精冲模要求严格控制凸模下行位置，冲裁凸模不能进入凹模洞口，特别是负间隙光洁冲裁，要求凸模下行最低位置，应距凹模刃口表面还有 0.1mm 距离。负间隙光洁冲裁，凸模大于凹模，调模失误轻则损坏模具，重则造成设备事故；而普通冲裁凸模可进入凹模深达冲裁料厚。这些微小而肉眼难辨的差别，全凭调整工、操作工的技术，也体现出现场生产工艺技术水平。

很多结构复杂的多工位连续式复合模，其精准的弯曲回弹补偿角、合适的拉深压边力、最佳的精冲反顶压力、弹性元件（如弹簧、橡胶体）恰到好处的压缩量等，都是冲模调校中获得的，有些边调边试边修理，如弯曲角。因此，没有很好的冲压生产技术，制造出再好的连续式复合模也冲制不出高质量零件。

（3）材料及配套技术要跟上　连续模，尤其多工位连续复合模，要不间断连续冲压，使用带料和卷料再配备合适的通用送料装置，就可充分发挥其优质高产的优势。但大多采用板裁条料冲压，对于多品种、中小批量生产，所需规格繁多而数量不大的带料与卷料，仍很难有求必应。原材料类型及供应状态、质量，也往往影响冲压工艺的实施。低碳冷轧钢板、带、卷料用于多工位连续式复合模，进行连续拉深、拉深与弯曲、翻边等连续冲压复合成形，效果都不错。塑性很好的 08A1、08F、10、15、20 等牌号深拉深冷轧薄钢板都属于这一类冲压性能很好的原材料。

原材料的前处理是精冲、冷温挤以及体积冲压等必备的配套工艺技术，未经球化退火软化、润滑浸渍处理，便不能进行上述冲压加工。

（4）制模与冲压生产设备的制约　制模设备及制模工艺是提高制模技术水平重要物质与技术基础，制模工艺又受制于现有制模设备。因此，要提升制模技术水平，必须提供先进的制模设备。有了高精度 CNC 电火花成形机、CNC 线切割机，才能加工出复杂的模腔和具有小孔与窄槽孔的凹模板，尺寸精度 <0.005mm；有了高精度磨削设备、坐标磨床、CNC 连续轨迹坐标磨以及三坐标测量机，才能完成各工位送料定位精度仅为 ±0.002mm，甚至 ±0.001mm连续模的制造及其模板的精密加工。

国内在中小型冲压零件生产中，所用冲压设备大多为国产的公称压力 $F_{公称} \leqslant 2500kN$ 的机械压力机。虽然这些压力机还是曲轴或偏心压力机，大多数采用 C 形铸铁或钢板机架，少数采用 O 形铸铁或钢板机架，但其技术性能与功能都有了很大提高与扩展。例如，由 JH21、JZ21（J21 系列机型改进设计的）改型设计的高性能开式双柱固定台压力机采用较先进的离合器——制动器，滑块行程可调，出厂静态精度都符合 GB/T 23280—2009《开式压力机 精度》，与改型设计的 JG23、JN23 系列高性能开式双柱可倾压力机、J12 和 JA11 系列偏心压力机一样，是国内使用的主要机型。但多数中小企业、民营企业使用上述老机型 J23、J21、J11 很多，不仅技术状态不好，动态精度很差，早已丧失原来出厂精度。因此，使用时必须考虑这一情况，采用高精度模架，消除其影响。

根据上述四个方面的影响因素，密切联系现场实际，提出多个合适而先进的冲压工艺方案，并从多方案对比中，选出经济、可行而又较先进、可靠的冲压工艺方案，才能开始多工位连续式复合模的设计。

2. 按确定连续冲压一模成形工艺方案设计排样图

（1）确定冲压工步　按展开平毛坯图确定冲裁工步及所需工位数。

按冲压零件图样要求的冲压精度和技术要求，根据展开平毛坯的形状结构与尺寸构成，确定采用排样类型，即有搭边还是无搭边排样。按照单工序落料模排样方法，初步确定落料展开平毛坯，采用何种排样方式更省料，即采用单列、双列还是多列，采用直排、对排、斜排还是对头直排、对头斜排还是参错多列排样。而后，可将连续冲裁和落料展开平毛坯的冲裁工步排入选定排样类型与方式中。

按冲压零件形状与结构，确定需要的变形工步与作业内容及工步数。

（2）确定工步顺序　根据已确定冲裁分离工步和使材料变形的成形工步，按连续冲压工艺的要求，初步排定各工步的顺序。

排列工步顺序的基本原则如下：

1）先冲孔、冲口、切开，最后落料。

2）各种使材料变形的成形工步，应在落料工步之前完成还是落料后完成，应根据：

① 冲压零件形状结构。如零件有长弯边、高度大的拉深等需要较大模具成形空间的冲压工步，与冲裁工步在同一平面无法实施，可以先落料后成形。

② 冲压零件需要多方位横向施力冲压。与冲压方向呈一定角度的由里向外和由外向里以及由下向上的弯曲、卷圆、冲凸及其他成形作业，则应先落料后成形。

③ 需要在垂直冲压方向的水平面上，与送料方向呈任意角度施力冲压的零件，也可以先整体落料而后冲压成形。

3）为简化连续冲压成形的模具结构，尽量使诸冲压工步所需工位，沿送料方向在同一平面呈直线排布。

（3）选择合适工位间工件的送进方式　多工位连续式复合模诸工位间如何送料，即模内送料方式对其结构设计有重大影响。原材料入模送料的方式比较定型，可以手工，也可以用通用送料装置自动送料。而连续模诸工位的送料方式与方法，则要根据冲压零件的结构形状与特点、满足连续冲压工艺，以及冲模结构设计的需要，选择各种不同的送料方式与方法。

直接用手工或送料装置，将原材料依次送至各工位冲压的直送法，多用于连续冲裁模；多工位连续式复合模大多采用携带法，即用送料携带工件至各工位进行冲压。携带法又有两种方式。将整体落料的展开平毛坯，再反顶嵌入到原搭边框内，携带至下一个工位冲压，通称嵌入式携带法；将展开平毛坯内形及周边废料分步切除，而后逐步成形，工件始终留在原材料上，用送料携带至各工位冲压，通称分切式携带法。中小型复杂形状冲压件一模成形时，用携带法实施工位间送料，模具结构简单，使用方便（见图 2-27）。此外，还有传递法，包括专门推送和料推料传递两种方式。用专门推送装置推送上一工位落料的展开毛坯，到下一工位冲压，以及专门用于冲单个片料的料推料传递坯件至各工位进行冲压。这两种传递法一般只用于自动运作的多工位连续式复合模（见图 4-20）。

（4）选择合适的节制送料方式并确定送料定位系统及其构成　根据原材料类型和状态，选择并确定送料方式。板裁条料以手工送料为主；卷料则适于采用通用送料装置自动送料；不成卷的带料，则多用手工送进，也可用冲模附带的送料装置自动送进；而单个片料，特别是用专门落料模冲出的展开平毛坯，可采用冲模附带的料斗配楔传动滑板式送料装置自动送料。

采用自动送料，尤其用通用各种辊式、夹持式、气动或液压的各种原材料（一次）送料装置等，如能精确控制送料进距，模具上可不必设置送料定位系统。多数生产单位，生产冲压零件品种多，产量不大，而且都面临产品结构调整、品种增加，即便是专业的冲压生产

线，也要适应接受市场导向与品种多变的柔性生产。使用自动送料装置调整费时，转产困难，故至今使用仅限于产品定型而产量很大的汽车、五金、日用工业品、制笔及文化用品等专门产品的冲制。因此，手工送料、冲模附带送料等机构自动送料仍在中小型企业中占主导地位。

节制送料方式及选定送料定位系统构成可参照表 3-8。在连续式复合模中，各种冲裁作业的分离工步，仍然是诸工位送料定位的主要工位，而各种成形工位都在冲裁分离或局部切开后进行。因此，表 3-8 所列送料定位系统构成模式，也都适合于连续式复合模。

（5）绘制排样图　在绘制排样图之前，应先进行常规的主要冲压工艺技术参数的复算与校核；查表或图算确定各工步的工艺参数；确定沿边与搭边值和欲采用的展开平毛坯的排样方式等。

按照既定冲压工艺方案，初步确定冲压工步及其顺序、节制送料方式及定位系统、工位间送进方式等，按冲压工步排出各工步冲压作业及冲压变形与分离过程。

在这个基础上，可以利用计算机的数值模拟技术，对冲压的全过程进行仿真分析，并可利用其图形处理功能进行修改再设计，完成排样图设计。

3. 连续式复合模结构设计的几个共性问题

连续式复合模冲压零件，大多是用其展开平毛坯进行有搭边排样，进行有废料冲裁和成形。采用无搭边排样进行无废料与少废料冲裁和成形的数量很少，而且，大多是一些形状简单、工位数不多的方形工件、单角弯曲件等。其结构设计，除附带自动送料机构的自动冲模外，一般不具广泛代表性，无普遍指导意义。

连续式复合模结构设计中的一些共性问题如下：

（1）标准侧刃的选用及成形侧刃的设计　对于料厚 $t \leqslant 1\text{mm}$ 的小尺寸冲压零件，尤其形状复杂而又要用多工位连续式复合模一模成形进行冲压时，由侧刃与侧刃挡块组成的侧刃组件对入模材料进距限位，比用固定挡料销或活动挡料销，以及挡料块配以始用挡料装置等构成的定位系统精确、可靠、效率高。因此，高精度冲压零件，特别是冲制这类零件的多工位连续冲裁模、多工位连续式复合模，使用侧刃组合更多。与以挡料销为主构成的定位系统相比，用侧刃组合无需增设始用挡料装置，便可实现无料头损失并能不间断冲压，效率高而安全；而且对送进材料的进距 S 的定位精度 $\leqslant 0.15\text{mm}$，比固定挡料销的定位偏差 $\pm 0.3\text{mm}$ 要高一个挡次。

使用侧刃的缺点是增加了废料量，加大了冲裁力，且连续冲压必然加大所需冲压设备吨位；同时，还使冲模的结构及其制造与维修趋于复杂化。因此，其不如固定挡料销结构简单而经济。

侧刃的成形冲切，即用侧刃冲切冲压零件及其展开平毛坯的部分成形外廓，发挥了侧刃的优点，克服了其缺点，变普通标准侧刃为成形侧刃、落料侧刃，从而使有搭边排样的有废料冲裁和成形，转变为无搭边排样的无废料冲裁和成形，或无搭边小沿边排样的少废料冲裁和成形。这是连续模和连续式复合模的冲压零件排样及其冲模结构设计的重要课题之一。

1）标准侧刃的选用。虽然侧刃的冲切料厚 t 并无明确规定，在现场经常看到，冲制 $t < 3\text{mm}$ 零件的冲模都经常使用侧刃组件，但从技术经济角度考虑，推荐在以下场合采用侧刃：

① 大量生产，料厚 $t \leqslant 0.5\text{mm}$，$t_{max} \leqslant 1\text{mm}$ 的各种金属板冲压零件，并要求冲模有更高的生产率。

② 冲压零件精度高于IT11，要求送料进距 S 极限偏差≤ ±0.15mm。

③ 送料进距 S 为5.2～40.2mm。

④ 条（带）料边缘粗糙不平直，其直线度误差大于冲模导料槽允许误差，无法顺畅送料。

⑤ 使用板裁条料冲压。条料宽度误差波动大，不能达到多工位连续冲压的要求。

⑥ 采用带料或卷料连续高速冲压。

常用侧刃已纳入JB/T 7648.1—2008《冲模侧刃和导料装置　第1部分：侧刃》。其类型与结构形式见图3-30，共2类6种各38个规格。一般只能进行有搭边排样的有废料冲裁与成形。

2）成形侧刃与落料侧刃。用任意断面形状的侧刃，冲切平板冲裁件或立体形冲压零件的展开平毛坯的一边或两边。利用其冲切出条料或带（卷）料的缺口，代替普通侧刃的切边缺口，对送进原材料进行限位定距，再结合小搭边与无搭边排样，实现少废料冲裁和成形。为此，必须使这种侧刃的刃口形状，即它在条（带、卷）料边上冲出切口的形状与尺寸，要与平板冲裁件或立体形冲压零件展开平毛坯欲冲切口相吻合部分的外廓相同，省去普通侧刃切边后仍需留出冲切这部分外廓的沿边，故用成形侧刃可进行少废料冲裁。但这种侧刃的断面形状随相关冲裁件的侧刃冲切的外廓形状变化，是非标准的。因其冲切的为冲压零件外廓的一部分，故称其为成形侧刃。它具有普通侧刃的工艺技术功能和作用，但又消除了普通侧刃的缺点，还可在无搭边排样中使用，故其使用日趋广泛。在图3-27～图3-29的排样实例中，有不少使用成形侧刃的示例。但这些用成形侧刃的实例，大多用于冲裁件或形状不复杂的立体形零件。图4-21所示为一些复杂形状冲压零件采用的各种成形侧刃、落料侧刃用连续式复合模一模成形冲制的典型范例。

从图4-21所示各种立体形冲压零件利用成形侧刃，用多工位连续式复合模一模成形的排样实例可以看出，其在连续式复合模及连续冲裁模的结构设计中的重要作用如下：

① 省略了连续模传统的、复杂而制造精度要求很高的节制送料装置与定距限位的送料定位系统，使冲模结构得以简化。

② 用成形侧刃与落料侧刃取代普通标准侧刃，直接冲切冲压零件轮廓，减少了沿边废料消耗，提高了板材利用率。

③ 用成形侧刃直接冲裁出冲压零件外廓，不仅省去了传统侧刃及其切边工位，而且减少了多次冲裁的重复定位积累误差，提高了冲压精度。

④ 由于省去了冲模的定位系统，以及构成该系统的零部件及其安装所需的位置，使冲模结构简化、零件减少，制模与修理趋于简化，费用也相应降低。

在多工位连续式复合模的结构设计中，采用成形侧刃、落料侧刃是一项十分重要的结构设计技术，是一项有效的节能降耗、降低模具费用的技术措施。

从图4-21各例中可以看出，利用成形侧刃分次冲切各种弯曲件展开平毛坯，仅留出用于工位间携带送进工件的“纽带”，在最后工位上切除分离。成形侧刃的刃口平面形状，按冲切零件的外廓设计，可以是任意形状的、非标准的。

利用成形侧刃落料进行无废料冲切，是一项颇具节材潜力的侧刃冲切技术。采用这种成形侧刃，与无搭边排样进行无废料冲裁技术相结合，利用落料凸模一边大于送进条（带）料外缘，进行非封闭冲切或剪截而获得的条（带）料缺口或剪截面，对送进条（带）料进距限位，使该成形侧刃，具有侧刃切边定位及落料冲裁的双重作用。既实现无废料冲裁，又达到送料进距限位的目的，同时，还简化了冲模结构，见图4-21i、g。

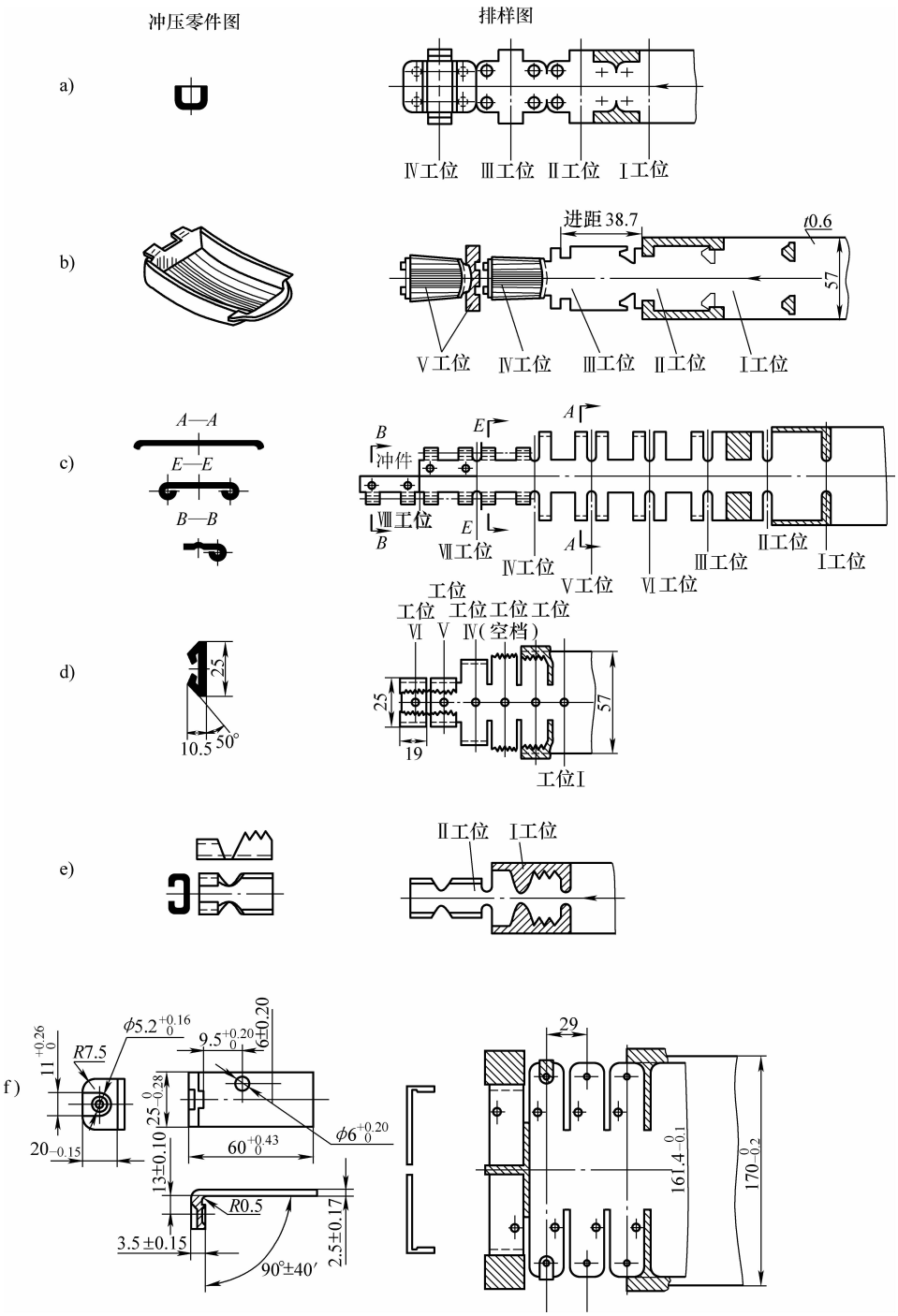
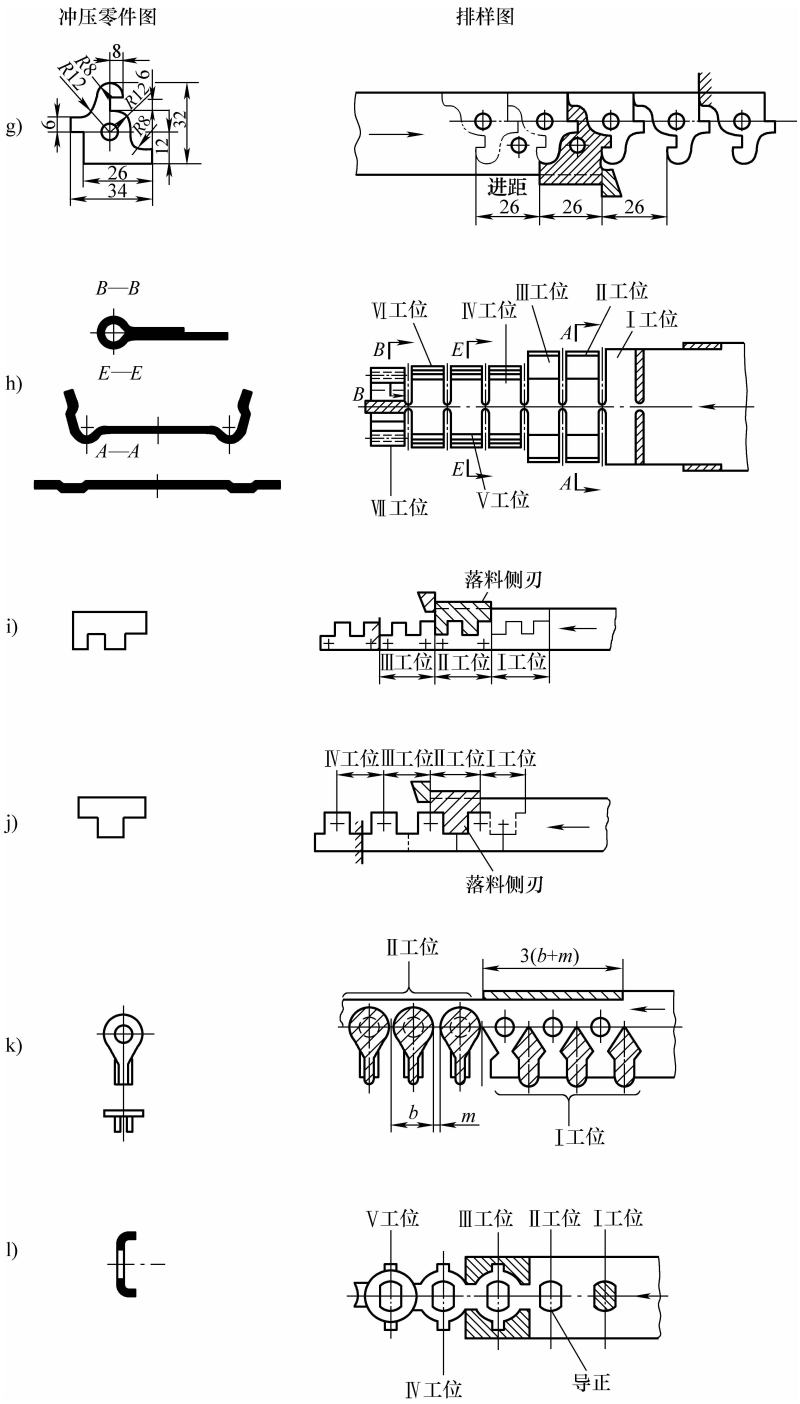


图 4-21　使用成形侧刃、

a)、b)、c)、d)、e)、f)、h)、k)、l) 用成形侧



落料侧刃冲压成形的实例

刃冲制的排样　g)、i)、j）用落料侧刃冲制的排样

3）成形侧刃的设计。用冲切条（带）料沿边或冲切其沿边及搭边的两种方法，获取冲压零件边缘轮廓及与搭边连接部位的外廓形状，是设计成形侧刃的基本原则。由于要冲切沿边或要冲切沿边及相连的搭边，故可以用成形侧刃，依冲压零件相关部位的形状，冲切出需要的任意形状的平板冲裁件及立体形零件展开平毛坯的部分外廓，但只能进行有沿边有搭边排样的有废料冲裁、有沿边无搭边排样的少废料冲裁，没有条件也不可能进行无废料冲裁。

推荐按以下公式，根据不同排样方式及冲模结构类型，确定成形侧刃的断面尺寸。

① 一般无导正销的连续冲裁模与连续式复合模：

$$L_{成} = S^{+0.05}_{0} \tag{4-2}$$

$$B_{成} = 2C_{沿} + (2 \sim 4)\,\text{mm} \tag{4-3}$$

② 使用导正销与成形侧刃组合构成送料定位系统的多工位连续模：

$$L_{成} = S + (0.05 \sim 0.10)\,\text{mm} \tag{4-4}$$

$$B_{成} = 2C_{沿} + (2 \sim 4)\,\text{mm} \tag{4-5}$$

③ 对于有沿边无搭边排样的连续模：

$$L_{成} = S + 0.05\,\text{mm} \tag{4-6}$$

$$B_{成} = 2C_{沿} + (2 \sim 4)\,\text{mm} \tag{4-7}$$

④ 成形侧刃要冲切沿边及搭边的连续模：

$$L_{成} = S = L_{件} + b_{搭} \tag{4-8}$$

$$B_{成} \geqslant 2C_{沿} + 4\,\text{mm} \tag{4-9}$$

以上式中，$L_{成}$ 为成形侧刃断面（刃口）沿冲模送料方向的长度（mm）；$B_{成}$ 为成形侧刃断面（刃口）沿冲模送料方向垂直的最大宽度（mm）；S 为条（带）料的送料进距（mm）；$C_{沿}$ 为侧刃冲切沿边的最大宽度（mm）；$b_{搭}$ 为排样图上的搭边宽度最大值（mm）；$L_{件}$ 为冲压零件沿送料方向的最大长度（mm）。

4）成形侧刃的使用条件及注意事项

① 用侧刃实施成形冲切，只能在多工位连续模，更多的是在多工位连续式复合模上进行。根据长期实际生产统计对比，在多工位连续模上使用成形侧刃与使用普通标准侧刃相比，可节省冲压材料 6% ~10%，使冲压零件生产成本下降 2.4% ~5%。同时，还简化了冲模结构，降低了制模难度及费用。随着冲压零件生产批量增大，效益更为显著。

② 虽然成形侧刃只能用于有搭边排样的有废料冲裁和有沿边无搭边排样的少废料冲裁，但仍能使冲压零件具有较高的尺寸与几何精度。在多工位连续式复合模上采用成形侧刃，可减少冲裁工位，减少侧刃切边废料消耗，提高冲压生产率。

③ 如采用料宽偏差波动较大的板裁条料或带料，可在冲模结构设计时，在导料槽上加上侧压装置，防止料宽误差大或其边缘直线度不好，影响材料顺畅、平直送进，降低侧刃成形冲切质量及精度。

④ 冲压零件的形状，尤其立体成形件展开平毛坯的形状、尺寸及其采用的排样方式是确定能否采用成形侧刃的关键。一般外廓的基本形状为方形、矩形、长圆形、梯形、L 形等，以及可以进行单列、双列及多列直排、对头直排的平板冲裁件及展开平毛坯，多数都可采用成形侧刃进行多工位连续冲压。

⑤ 图 4-22a ~ d 所示的是使用成形侧刃，在连续式复合模上一模成形连续冲压的冲压零件排样实例。从这些排样图中可以看出，采用单列、双列甚至多列直排，便于采用成形侧

刃；无论采用何种排样方式，要使冲裁零件沿送料方向占据条（带）料边的长度，加上搭边宽等于送料进距 S 或 $0.5S$，否则，使用成形侧刃会有困难。

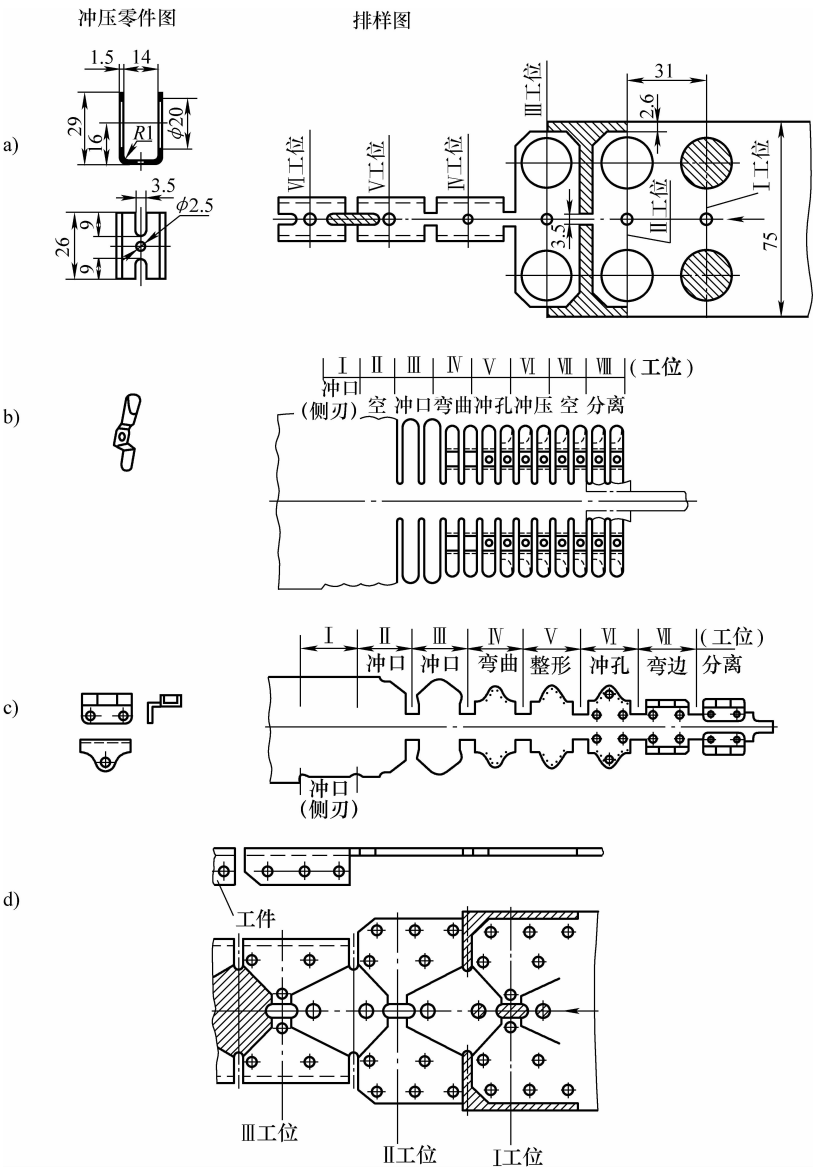


图 4-22　使用成形侧刃的条件举例

5）落料侧刃的设计及使用条件。用落料侧刃直接从条（带）料上落料平板冲裁件，而且落料后在原材料上留下缺口的部分截面还用于条（带）料的送进定距限位。从图 4-21i、g 可以看出，只有当工件进行无沿边、无搭边排样又进行无废料冲裁的情况下，才有可能使用落料侧刃。因此，能否使用落料侧刃冲裁与工件的结构形状及其排样图设计密切相关。对此，可提出如下一些使用落料侧刃的条件。

① 能进行无搭边排样，并可实施无废料冲裁的平板冲裁件，通常情况下都有可能使用落料侧刃冲裁。尤以单列、双列及多列直排、对头直排、参排排样，既无沿边又无搭边时，

采用落料侧刃进行无废料多工位连续冲裁效益尤佳。

② 冲裁件的精度低于IT12。其结构形状能满足无搭边排样的要求，或改进工件形状后可进行无搭边排样。无论采用哪种无搭边排样方式实施无废料冲裁，当使用落料侧刃时，送进入模的条（带）料边缘必须是冲裁件外廓的一部分，见图4-21i、g。从排样图上只能看到冲裁件的结构废料，如冲孔、切槽废料等，而没有冲压工艺废料。

③ 平板冲裁件至少有一个直线边且能在排样后使直线边与条（带）料边重合，为使用落料侧刃冲切创造条件。当这一直线边为工件沿送进方向的长度，或工件有两条或两条以上直线边时，只要能实现无搭边排样，一般都可能用落料侧刃。

落料侧刃的设计要根据冲裁件的落料外廓形状，并考虑在条料边缘的一边向外大出2～4mm。这是因为其为非冲切刃口。落料侧刃的刃口尺寸、冲裁间隙及取向、固定方法等，则与常规冲裁凸模设计无异。

在多工位连续模中使用落料侧刃，多数情况下还要设置各种挡料与导正、定位装置，与其配套，尤其带孔冲裁件、复杂的成形冲压零件一模成形冲制时，则必须考虑这一点。

常用的适合与落料侧刃匹配的进距限位装置有如下几种：固定挡料装置，如固定挡料块（板）、定位板等；始用挡料装置，其结构类型颇多可任选；导正销；各种不同结构的活动挡料装置。

由于落料侧刃使用的料厚范围没有什么限制，实际上应相当于一个落料凸模，所以在多工位连续模中，落料侧刃与固定挡料销（块）、使用挡料装置等，配套使用的情况是经常出现的。

（2）导正校准定位及导正销　用导正销对送至落料或后续各工位的原材料进距 S 进行校准导正定位，是冲压精度，特别是几何精度，主要是同轴度、位置度要求较高的冲压零件，用多工位连续模经常采用的定位方法。图3-31所示常用各种导正销的结构形式及表3-9所列导正孔的间隙，可供设计选用。

一般在正常情况下，导正销的最好导正精度可达到 $\pm 0.01 \sim \pm 0.04$mm，随着冲压零件料厚的增加，如 $t > 1.5$mm 后，相同的孔径，导正精度将逐步下降；相同的料厚，如 $t = 2$mm 的冲压零件，导正的孔径越大，导正精度（即导正偏差）越大。

导正销工作部分直径 d_1 与很多未知与变化因素有关，很难计算准确。但如果导正销的工作直径 d_1 与导正孔偏差大，必然影响导正校准精度。要精确计算和高精度制出导正销，才可能提高导正精度。理论上讲，准确的导正销直径 d_1，等于导正孔直径 d 减去导正销到位后与导正孔的实有间隙。

导正孔即导正销进入导正作业前冲出的孔，其实际尺寸受以下诸因素的影响，很难用理论方法准确计算。

1）导正孔径的实际尺寸。冲孔凸模的尺寸是按等于或接近图样要求孔径的最大极限尺寸计算的。一般是孔的名义尺寸加上允许正偏差，并考虑摩擦因数，求得其制造冲孔凸模尺寸。而实际制造出的冲孔凸模总要比计算尺寸小0.020mm以内。按规定，这是允许的。而且只要冲出孔不超差，都应视为合格。如果冲孔的名义尺寸 $d = 10$mm，其凸模按IT8制造，其最大极限尺寸与名义尺寸之间允差达0.022mm。

2）冲孔后孔径回弹收缩量。冲孔后材料回弹使孔径变小，其回弹量的大小与冲孔零件材料种类、状态、力学性能、孔径大小及料厚，特别是冲孔间隙大小有重大影响。强度高、弹性大的材料，屈服强度、抗拉强度越大，屈强比越大，弹性模量与屈服强度的比值越小，

则材料的回弹越大；料厚越大，孔径越小，材料回弹相对越大。一般冲孔后因材料回弹，收缩大致在0.015～0.030mm之间。

3）冲孔间隙对冲出孔尺寸的影响。冲孔间隙的取向是以放大冲孔凹模获得的，因为间隙越小，冲孔后的回弹收缩越大。如取GB/T 16743—2010《冲裁间隙》Ⅲ类大间隙冲孔，回弹将显著减小；冲孔间隙减小，如采用Ⅰ类甚至小于Ⅰ类的小间隙冲孔，回弹将达最大值。

根据以上分析，要确定准确的导正销工作直径d_1，要准确获知被导正孔d的精确尺寸，最好的办法是在试模后实测，而后按实测d尺寸确定d_1便可达到更高精度。

除上述之外，由于导正销与导正孔之间存在间隙，加上不可预见与可预见而难测得的误差，如上下模同轴度、上下模座表面平行度、导正销装在落料凸模上出现的同轴度与位置度、落料凸模与落料凹模的位置度、导正销与工艺定位孔或导正凹模孔之间产生的同轴度与位置度等误差，都将使导正结果产生偏移，即偏心。因此，为了获取更好的导正效果，更高的导正校准精度，以上所列和未列出而可能影响导正校准送料精度的各种误差，都应在冲模装配过程中，在试模过程中进行实测并详细记录，最后经过综合分析与必要的计算，再制造与修准导正销并装入冲模。

（3）工艺定位孔的设置与导正定位　由于设置工艺定位孔导正定位，需要冲模上装设冲工艺定位孔凸模与匹配凹模，安装导正凸模作为导正销并配导正凹模孔。其数量按工位数多少和实际需要设定。一般不止一对导正凸模和凹模。故设置工艺定位孔，除使模具结构趋于复杂外，模具制造费用也要提高。不在十分必要之情况下，绝不设置。

通常在以下场合设置工艺定位孔，专门导正校准送料进距，减小送进偏差。

1）冲压零件采用多工位连续模冲制工位数在5个以上，而冲压零件要求的尺寸精度高于1T10，内外形同轴度公差<0.010mm，群孔位置度公差<0.010mm。

2）冲压零件形状复杂且尺寸较小，采用五工位以上连续模冲制。工件上根本无或没有合适位置安装导正销。

3）冲压零件材料厚度$t\leqslant$0.5mm的薄料与超薄料，冲压精度要求较高，内形复杂，不宜采用普通导正销的。

4）在诸多工位中，有光洁冲裁，精冲孔或FB精冲工位的连续模，而且工位数多，为精确达到各工位要求的精准送料进距，极限偏差<±0.01mm。

5）用多工位连续模冲制的零件，要求送料距误差<0.005mm，无论工位数多少，料厚大小，冲压零件形状，均应设置工艺定位孔。

（4）冲模用弹性元件的种类、选择及设计

1）冲模上常用的弹性元件

① 圆柱形螺旋弹簧，包括圆柱形螺旋压缩弹簧、圆柱形螺旋拉伸弹簧、圆柱形螺旋扭力弹簧。

② 碟形弹簧，包括单片对合式、双片对合式、三片复合式碟形弹簧。

③ 片弹簧，任意形状。

④ 钢丝弹簧。

⑤ 橡胶体，包括一般橡胶板、聚氨酯浇注成形的橡胶体。

⑥ 环簧。

2）弹性元件的选择与使用。选择弹性元件要考虑的主要因素如下：

① 载荷的性质。拉力载荷，一般选用圆柱形螺旋拉伸弹簧；压力载荷，一般选用圆柱形螺旋压缩弹簧、橡胶体、碟簧或环簧；扭力载荷，一般选用圆柱形螺旋扭力弹簧。

② 考虑弹簧弹力大小和承载能力。钢丝弹簧、片弹簧的弹力很小，一般仅用于支承质量很小的活动零件及其复位使用，如活动挡料销、可伸缩式挡料销、始用（临时）挡料销的支承复位；橡胶体（块）弹力稍大一些，成形的聚氨酯橡胶块弹力较好，尤其邵氏硬度≥85A 的聚氨酯橡胶弹力较大，可用作冲模缓冲器、弹压卸料板，以及 FB 精冲薄料小零件的压力源，是提供稳定压力的弹性元件。更大承载的各类弹簧仅从总荷载考虑，原则上可按如下原则选用：

a. 总的工作压力 $F_{\Sigma}<5\text{kN}$，可选用圆柱形螺旋压力缩弹簧组，每组不少于 4 个。

b. 总的工作压力 $F_{\Sigma}=5\sim10\text{kN}$，可选用单片对合、双片对合或三片复合的碟簧组。

c. 总的工作压力 $F_{\Sigma}>10\text{kN}$，可选用环簧。

对于圆柱形螺旋拉伸弹簧，一般靠增大钢丝直径、减小弹簧中径，适当减小旋绕比，增大初牵力来增大其拉力承载。在冲模中，圆柱形螺旋拉伸弹簧主要用于侧压装置、自动调准定位装置、送料及其传动系统，一般工作负荷都不大。

3）考虑弹性元件的许用安装空间。在选用弹性元件时考虑其承载能力，同时要兼顾其在冲模上的许用安装空间。弹性元件的工作负载是常规结构设计计算的一部分，按冲模工艺技术功能的需要，确定其总的工作负荷。如卸料板用弹性元件，按最大卸料力再放大 30% 左右，就是卸料弹性元件的总工作负荷 F_{Σ}。根据 F_{Σ} 大小，考虑模具允许安装位置及安装空间，兼顾现场使用习惯及弹性元件货源、价格，以及产生噪声大小对环境的污染情况等，确定选用弹性元件的类型。同时，可详细计算已选定弹性元件结构参数，例如，圆柱螺旋弹簧钢丝直径、弹簧直径、节距、旋绕比、工作圈数、总长度、总压缩量等；橡胶则多数有成形块供选择，可按承载及许用安装空间确定；碟簧和环簧也都可按相关手册提供算式及算法，经常规计算确定相关参数。

目前模具市场，上述弹性元件都可按常规及传统的系列规格供货。圆柱形螺旋压缩弹簧已能按 GB/T 2089—2009 供货。因此，一般无需计算，而只需根据 F_{Σ} 及安装空间尺寸，依据供货商生产与上市规格系列选取即可。

4）设计弹性元件组及其使用

① 弹性元件最大工作载荷 F_{max} 的合理设计。所有弹性元件在冲压工作中，都承受高速冲击和交变动载荷。当其在满载下长时间工作后，会出现疲劳，并产生一定量的塑性变形。严重的会随时产生变形，改变初始尺寸，甚至产生裂纹与断裂。卸料板弹簧变形缩短就卸不下料，顶件器弹簧变形会顶件不到位，顶不出工件，甚至裂纹或断裂则必然造成事故。因此，根据多年实践经验，将弹性元件的许用最大工作载荷减至 75% 使用，将可有效避免上述情况发生，使弹性元件长期稳定工作。

② 弹性元件的许用最大压缩量的控制。与上述合理设计弹性元件的最大工作载荷一样，弹性元件的最大压缩量也必须严加控制。一般弹性元件允许最大压缩量，受到冲模工作特点及上模下行位置的制约。为此，弹性元件的最大压缩量，也应控制在小于或等于其许用最大允许压缩量的 75% 为宜。因为弹性元件的最大压缩量与其负荷有关，适当增多成组弹性元件组个数或尺寸，就可增加承载能力而相应减小其压缩量。

（5）弹性元件的安装结构设计及应用　冲模上弹性元件的安装结构往往被忽视，而这些部位则经常在使用中出问题，使冲模不能正常工作，甚至损坏、失效。主要是安装结构不

合理，使弹簧承载不平稳、位移、弹出、变形、断裂，特别是组合的与多个成组的压簧，受力不均引起卸料板偏斜，出现卡模等情况，时有发生。因此，正确的弹性元件安装结构设计是十分必要的。

1）圆柱形螺旋压缩弹簧的安装结构。这种弹簧通称压簧，而且是圆截面钢丝绕制的压簧应用最广泛。方形与矩形截面钢丝绕制的压簧，在使用性能上更好一些，除弹力大外，也较平稳。但其材料价高，冷绕或热绕工艺都要求高。目前，钢线直径 ϕ14mm 以下，特别是 ϕ12mm 以下，冲模上常用螺旋形弹簧，绝大多数用国产无芯冷绕自动弹簧卷绕机制作，其他非圆截面钢丝尚无专用绕簧设备，市场货源不多，故很少使用。即便在冲模上使用，其安装结构也与圆截面钢丝螺簧没有区别。

① 安装结构形式有以下多种：用固定铁皮套筒的结构，见图 4-23a，图中件 1 就是固定铁皮套筒；用固定弹簧座的结构，见图 4-23b，图中件 2 就是弹簧座；用弹簧座孔另一端或两端都装芯柱的结构，见图 4-23c、d，图中件 3 是座孔，件 4 是芯轴；只用一端座孔或两端座孔而不用芯轴的结构形式；一端用座孔，另一端不用座孔而装芯轴的结构形式。

以上多种安装结构形式，考虑需要压力大小、选用弹簧是套装组合还是多个成组、冲模上安装位置与许用安装空间，以及关联零部件承受能力、安装后平稳与可靠性等因素进行设计。

当安装弹簧的相关模板较薄，不可能设置座孔，甚至不允许装芯轴时，推荐选用图 4-23a 所示铁皮套筒结构，该结构既平稳、可靠又安全。

当弹簧尺寸大、弹力承载大而安装模板相对薄弱时，推荐采用图 4-23b 结构，既能保证弹簧平稳运作，又能增强模板强度。

当大小多个弹簧套装组合时，弹簧弹力很大，应在较厚的一端模板上制出座孔。如果可能，最好两端都制出座孔，并配以芯轴，构成可靠的安装结构，见图 4-23c。

通常使用一端座孔，一端装芯轴的图 4-23d 所示结构。一端有座孔或两端有座孔，不用芯轴的结构，一般仅用于较小的弹簧。

② 安装结构中主要结构尺寸的确定。中小型全钢普通冲模中，所使用的各种圆柱形螺旋弹簧尺寸不大，都是用自动弹簧卷绕机无芯绕制，经热处理制成的，外径公差较大，故要考虑合理的安装间隙。圆柱形螺旋压缩弹簧安装间隙见表 4-2。

弹簧座孔及其深度的确定：

a. 当弹簧的自由高度不大，一端装入座孔后外露长度 $H \leqslant d_1$（外径）时，可以仅在一端制座孔，但无座孔的一端应加芯轴。

b. 座孔的深度 h 应大于 3 倍的弹簧钢丝直径 d，即 $h > 3d$。

c. 芯座的凸缘高度即插入弹簧内孔的长度，也应大于 3 倍的弹簧钢丝直径 d。

d. 当弹簧一端装入座孔后，外露长度 $H > d_1$ 时，另一端也应制出座孔。若不允许两端都制座孔，应两端都加芯轴。

2）圆柱形螺旋拉伸弹簧（拉簧）的安装结构。随着冲压过程自动化进程加快和自动冲模使用日益增多，这类弹簧在冲模上的使用也越来越广。

拉簧的安装多为外露，因为其工作中有一定行程，安装及活动空间较大。除其两端环首需按挂柱位置及截面形状制成图 4-23e 所示的各种不同形状外，与关联模具留出足够间隙，一般不少于 2 ~ 3mm。其余部位可参照表 4-2 确定。

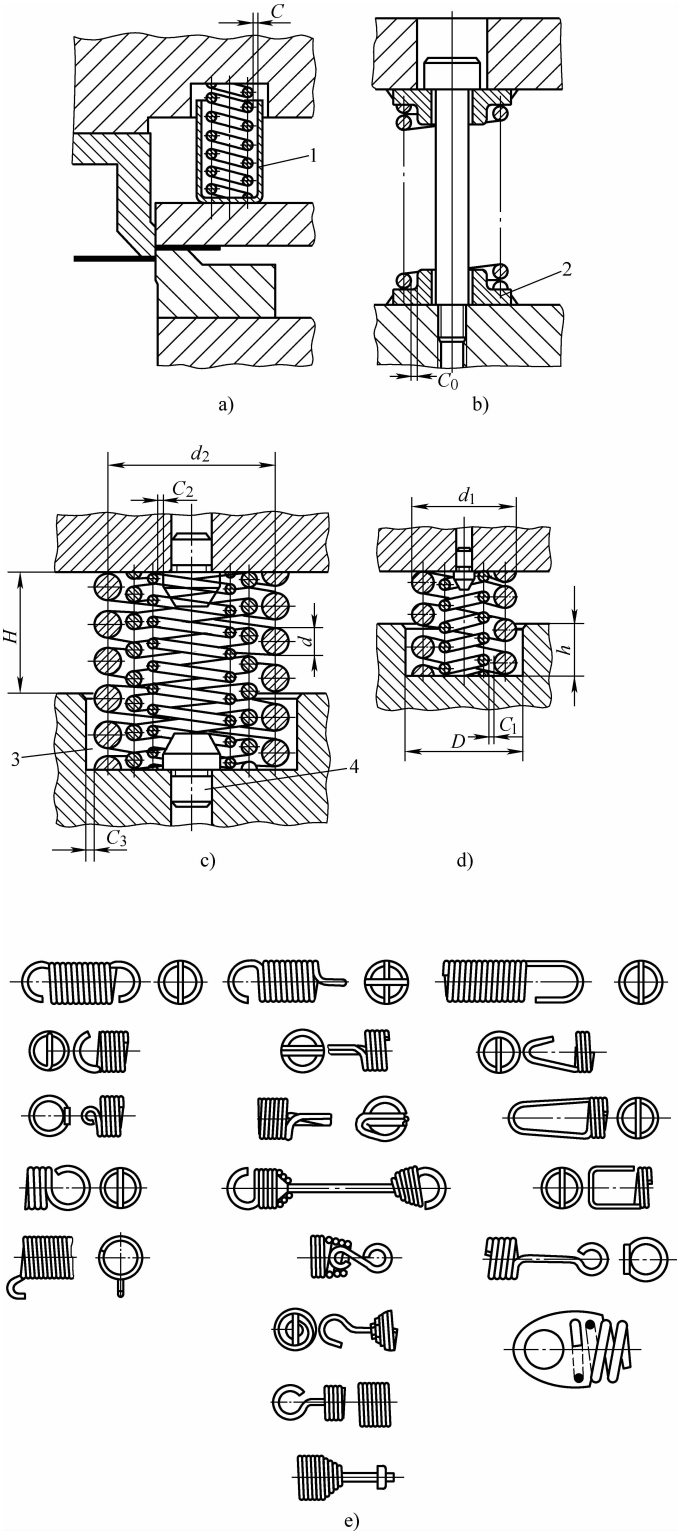


图 4-23　圆柱形螺旋弹簧的安装结构

a）~ d）圆柱形螺旋压缩弹簧的安装结构形式　e）圆柱形螺旋拉伸弹簧的种类

1—铁皮套筒　2—弹簧座　3—座孔　4—芯轴

表 4-2　圆柱形螺旋压缩弹簧安装间隙

弹簧的公称外径 d_1/mm	间隙部位				
	C	C_0	C_1	C_2	C_3
	间隙值/mm				
≤10	1.0	0.5	1.2	0.3	0.5
>10~15	1.0	0.5	1.2	0.3	0.5
>15~20	1.5	0.8	1.8	0.5	0.8
>20~30	1.5	0.8	1.8	0.5	0.8
>30~40	1.5	0.8	2.0	0.5	0.8
>40~50	2.0	1.0	2.5	0.8	1.0
>50~60	2.0	1.2	2.5	0.8	1.0
>60	2.5	1.5	2.5	1.0	1.5

3）其他弹性元件的安装结构形式。橡胶，特别是高硬度聚氨酯橡胶，在冲模中广泛用作弹性元件。碟簧和环簧使用虽然不如橡胶在普通冲模中使用广泛，但在精冲模中却应用较广泛，经常用作压力较大的弹性元件代替圆柱形螺旋压簧。

图 4-24a、b 所示为橡胶体用作冲模弹性元件的安装结构。

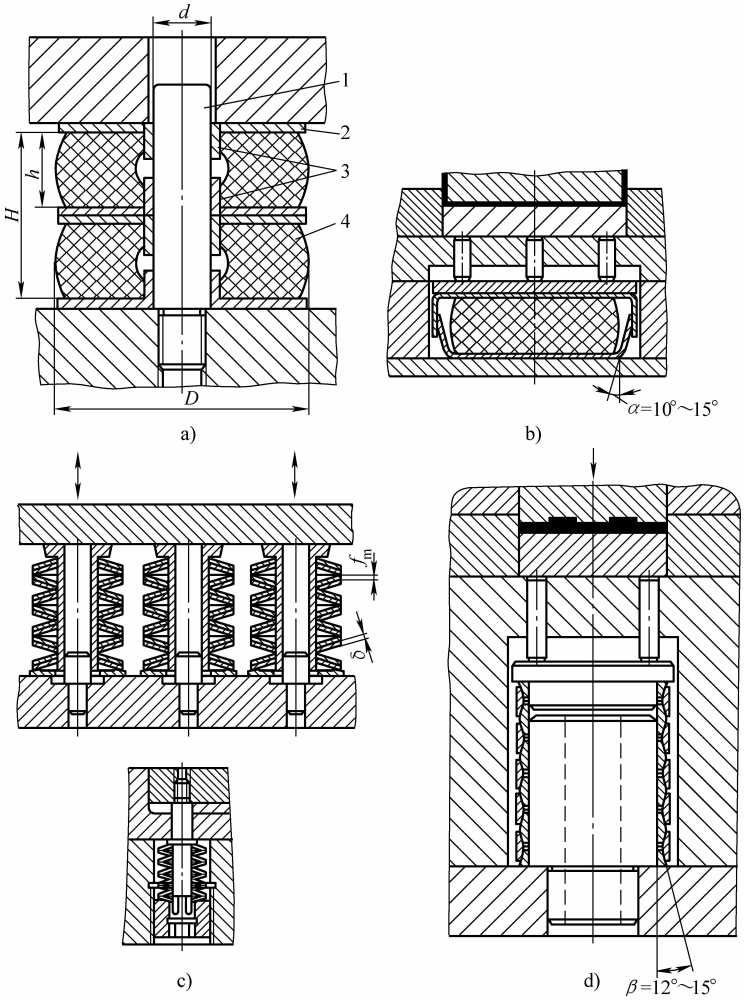


图 4-24　橡胶体、碟簧及环簧的安装结构

a）、b）橡胶体在冲模上的安装结构　c）碟簧在冲模上的安装结构　d）环簧在冲模上的安装结构

1—芯轴　2—垫板　3—套圈　4—橡胶体　δ—厚度　f_m—碟簧内锥高度

为了提高橡胶弹力，约束其变形方向，防止挤压和相互粘结，如图 4-24a 所示，在橡胶体 4 之间加钢垫板 2，在芯轴 1 上套上钢套圈 3。

推荐钢垫板的厚度 $\delta > 3 \sim 5$mm，平面尺寸应按橡胶体满载最大压缩变形后的底面积每边再加大 5mm 计算。

钢套圈内径按芯柱直径加大 0.1 ~ 0.15mm 制作，长度按需要截取。

装在冲模内封闭空间的橡胶体，应制造一个可闭合的铁皮盒，见图 4-24b。

采用橡胶体作为冲模用弹性元件，应选用适合的成形块状、环状或无底圆筒状橡胶体。要根据承载能力、总压缩量等一般常规计算结果，控制其工作载荷、总变形量均不超过其许用最大值的 75%。如图 4-24a 所示满载下的压缩高度 h、H，应为其可压缩高度的 1.25 倍，留有一定余地较宜。

图 4-24c 所示为碟簧安装的两种结构形式。图下部为单组安装的单片对合碟簧的结构形式，图上部为多组安装双片对合的结构形式。在单组双片或三片对合组装中，可不采用图示芯轴轴套作为轴芯的结构，而采用实心光轴，使其结构更简单一些。

图 4-24d 所示为承载能力较大的环簧，除在体积冲压模和 FB 精冲模上偶有使用外，一般使用很少。其安装结构受其外形及尺寸构成制约，一般都采图 4-24d 所示形式。

4）弹簧在冲模结构设计中的应用。图 4-25 所示为圆柱形螺旋压缩弹簧在普通全钢冲模的模芯结构中应用的主要部位与安装结构形式。

① 弯曲模、连续模的弯曲工位中，下模腔的弹顶垫，亦称顶件器的反向弹顶施压及复位用压簧，见图 4-25a。

② 弯曲模、连续模拉深工位的顶件器压簧，见图 4-25b。

③ 剪切、冲裁及切边模或多工位连续模及复合冲裁模等弹压卸料板用压簧，见图 4-25c。

④ 拉深模或多工位连续模拉深工位用压边圈施力压簧，见图 4-25d。

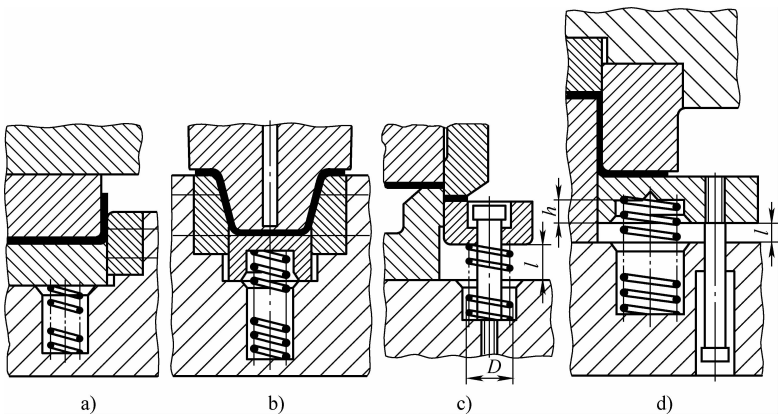


图 4-25　圆柱形螺旋压缩弹簧（压簧）在冲模模芯部位的应用及主要结构形式

l—闭模时压簧仍留有一定压缩余量　h—座孔深度

图 4-26 所示为各种弹簧在冲模的送料、导料定位系统中的应用与结构形式。

图 4-26a、b 所示是用圆柱形螺旋压缩弹簧驱动侧压装置的侧压头、侧压板，安装在导料槽一边，将入模冲压的条（带）料，推向导料槽的导料侧，沿导料板送至各冲压工位。

图 4-26d 所示是另一种由圆柱形螺旋拉伸弹簧驱动的侧压装置，而图 4-26e 所示是用片簧驱动的侧压装置。

图 4-26c、f、g 所示是偏心齿轮式、摆杆夹刃式及夹刃式三种夹持式送料装置中使用拉伸弹簧的结构形式。

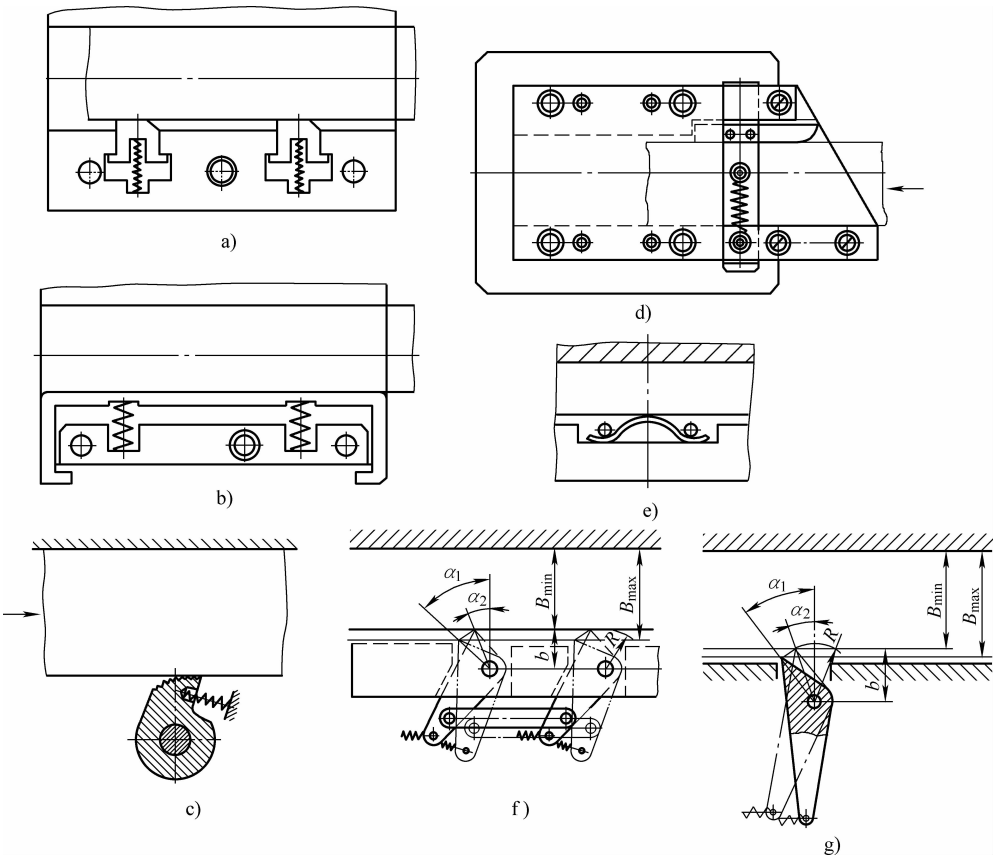


图 4-26　各种弹簧在冲模送料、导料定位系统中的应用与结构形式

a)、b)、d)、e) 导料槽侧压装置中使用的弹簧及其安装结构

c)、f)、g) 送料装置中用的拉伸弹簧及其安装结构

4.5　连续式复合模典型结构设计

4.5.1　表芯支架连续式复合模结构设计

新型温控表表芯支架冲压零件，见图 4-27。其材料为 20Cr13 不锈耐热钢，料厚 t = 0.8mm，年产量为 60 ~ 80 万件，属大批量生产性质。过去月产量不足 10 万件，采用分序多模冲制，即先落料，后冲两端 1.5 ~ 2mm 小凹口，获得展开平毛坯，再弯曲成形。所用 3 套单工序冲模都是手工送料，弯曲模还是手工取件出模，不仅效率低，而且操作不安全；由于冲件尺寸较小，弯曲毛坯入模定位往往不准，故废品率较高。为适应大批量生产的需要，设计并使用如图 4-27 所示三工位连续复合模一模成形冲制。

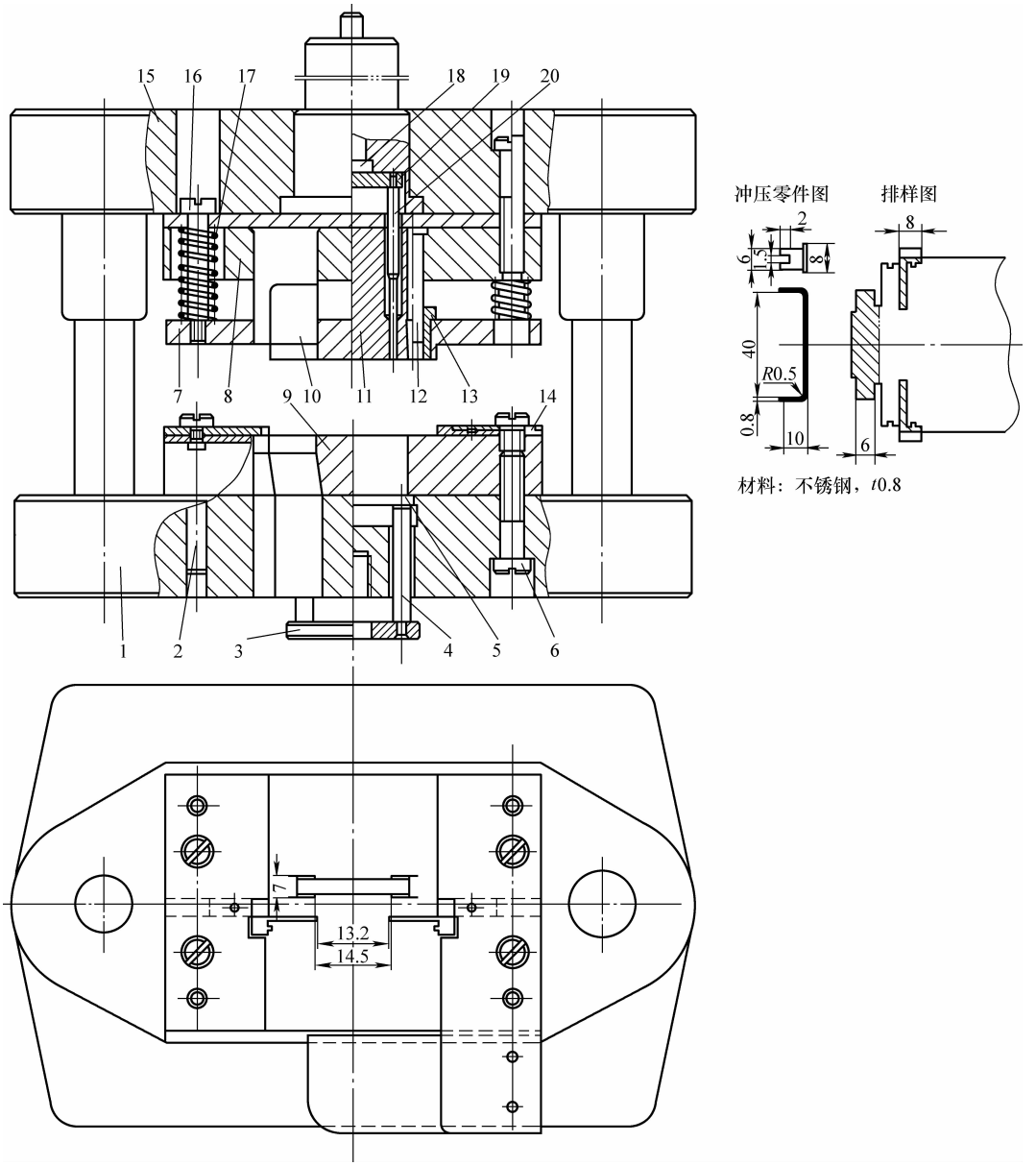


图 4-27　表芯支架三工位连续式复合模

1—中间导柱模架下模座　2—凹模　3—弯曲凸模　4—卸料板　5—凸模　6—垫板　7—卸料板螺栓　8—弹簧　9—固定板　10—打料杆　11—推板　12—推杆　13—小导柱　14—导套　15—导料板　16—螺钉　17—顶件块　18—顶杆　19—顶板　20—销钉

1. 工艺分析

该冲压零件是两弯脚带有 1.5mm 宽、2mm 深小凹口的⌴形弯曲件。在 0.8mm 料厚的不锈钢板上冲切 2mm × 1.5mm 的凹口，小凸模容易磨损与折断。两端的小凹口分次冲切会出现过大的同轴度、位置度误差，不利于表芯装配与固定。由平毛坯弯成⌴形，材料必然会回弹。消减回弹并使落料平毛坯与弯形一次复合冲压，是实现该冲件一模成形的关键。冲压工艺及其排样图设计中应解决好上述几个问题，才能保证冲压零件质量与生产率。

2. 冲压工艺及排样图设计

考虑简化冲模结构，冲压工艺采用先冲切 2mm × 1. 5mm 的小凹口及部分外廓，最后工位用切开分离，并弯曲成形复合冲压。冲弯成形的单个工件，由弯曲凸模内的顶杆推顶出模，并落在下模工作面上，由送进材料推卸出模。

为提高展开毛坯落料尺寸精度，并确保毛坯平整，以及对称的 2mm × 1. 5mm 两个小凹口位置度高，使冲小凹口凸模具有较好的抗纵弯与耐磨能力，排样图设计采用对称的成形侧刃，将冲 2mm × 1. 5mm 小凹口的独立小凸模，与成形侧刃组合起来，使其横向与长度达 8mm 的侧刃组成一体，增大了凸模的截面积及抗纵弯能力。

3. 冲模结构

该冲模采用弹压卸料板导向结构，即在进入导料槽的弹压卸料板凸起台阶的对角，装两件小导柱 13，与其配对的导套 14 装在卸料板上，导柱装在凸模固定板 9 内，始终不脱离导套。成形侧刃 A（见排样图，2 件）断面细长，切凹口处尺寸较小，卸料板靠 2 件小导柱的准确导向，消除了压力机滑块与模架的导向误差，确保其准确对准凹模，并保持均匀一致的冲裁间隙。板料入模后，也靠卸料弹簧得到校平后冲切与弯形。目前虽使用板裁条料手工送进与出件，冲件质量好，生产率提高约 3 倍。

对于产量大而尺寸不大的⌊形弯曲件一模成形冲制，冲压工艺考虑到合适卷料难觅而采用板载条料、手工送料。条料入模分二工步三工位成形：第Ⅰ工位冲槽切口，第Ⅱ工位空挡，第Ⅲ工位切断弯形。由于送料进距 $S = 8$mm 较小，为提高凹模强度，并使凸模在固定板上有较富裕的安装位置，设置第Ⅱ工位的空挡是很必要的。为消减回弹，在弯曲凸模上制出了负弯角补偿，一般约为 0. 5°。

4. 5. 2　定位盘连续式复合模结构设计

图 4-28 所示冲压零件为仪表定位盘。从冲压零件图上可看出，三个互为 120°的三角形定位爪，是高 6. 5mm 的等边三角形，其平面正六方外接圆为 ϕ35mm。该冲压零件平面外接圆的圆心有一个 10. 7mm × 10. 7mm 的方孔。材料为 H62 冷轧黄铜带，硬态。冲压采用自行改制的宽 $B = 30_{-0.05}^{0}$mm，料厚 $t = 1.3_{-0.01}^{0}$mm 冷轧带料。

1. 冲压工艺特点

该工件的展开平毛坯，为一个边对边宽 30mm 的正六边形平板。定位爪需通过单边切开后扳边弯出。因此，该冲压零件的基本冲压工艺作业为冲方孔、落料六方、切开并扳边。由于其外廓形状为正六方，具有多列小沿边、无搭边排样的条件，但每个冲件有三个定位爪，多列排样仅可完成冲孔、落料而获得平毛坯。如果再加上切开扳边，冲模结构设计将出现切开扳边凸模太多、相距太近而难以实施。通过对比分析，采用单列直排排样，使用宽度与冲压零件正六方边对边尺寸相等的带料，用成形侧刃冲切废料获得冲压零件斜边，实现无沿边、小搭边单列直排，详见排样图。可按以下冲压工步，一模成形冲制出合格工件。

1）Ⅰ工位冲 10. 7mm × 10. 7mm 方孔，并用两组对称设置的成形侧刃，冲出正六边形的四边，中间留出 3mm 宽搭边不切穿，作为送进原材料携带工件到下一工位的纽带。

2）Ⅱ工位用三个互为 120°的切开扳边凸模，完成三个定位爪的成形作业，并切断分离出工件及切下废料，详见排样图。

2. 冲模结构设计

冲压零件尺寸精度为 IT12，料厚 $t = 1.3$mm，按 GB/T 16743—2010《冲裁间隙》选定为

Ⅱ类间隙，单边间隙为6%t，即1.3mm×6% =0.078mm。据此，选用Ⅱ级精度的标准后侧导柱模架，按JB/T 8050—2008《冲模模架技术条件》，导套、导柱配合精度为H7/h6，导柱导向部分直径为22mm，配合后的导向间隙为0.006～0.018mm，完全满足该冲模凸模导向精度的要求。选用后侧导柱模架，在前面操作，左右送出料顺畅，操作视野宽阔。

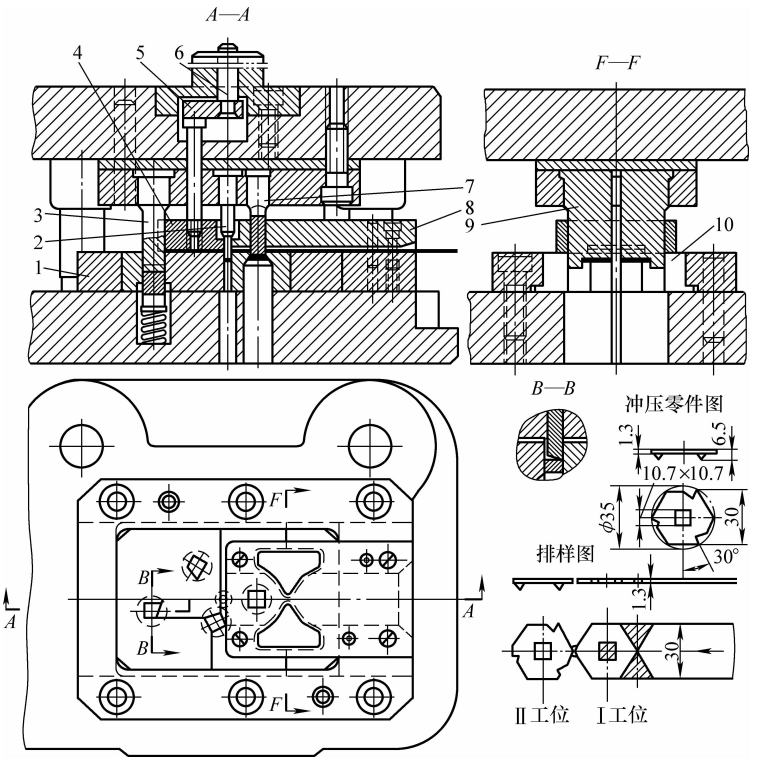


图4-28　定位盘冲压零件图、排样图及模具图

1—凹模框　2—切断凸模　3—切开扳边凸模　4—活动卸料板　5—推板　6—打料杆
7—冲方孔凸模　8—固定卸料板　9—成形侧刃　10—冲裁凹模镶块

凸模是用压入法固定在整体式凸模固定板上。冲方孔、切开扳边、切断分离三种共5件凸模，都将其装入凸模固定板部分的杆部加粗为圆杆，并以基孔制过渡配合H7/m6压入固定板，也可用基孔制间隙配合H7/h6，加止动销，装入固定板。

卸料板的设计分两部分。冲裁工位是一般固定卸料板，而在切开扳边三凸模上采用活动式卸料板，以便通过模柄中的顶板和打料杆，从凸模上卸下工件。

凹模采用嵌入凹模框的镶拼组合结构。冲裁工位由两块镶拼组合而成，其上边加导料板及固定卸料板，两导料板厚$4^{+0.01}_{0}$mm，两者构成的导料槽宽$B=30^{+0.1}_{0}$mm。三个切开扳边成形定位爪的凹模，也由两块镶拼组合而成，并与冲裁凹模拼块再度拼合构成矩形凹模镶块，嵌入凹模框中。

考虑排样中切三角口的成形侧刃，属于单边裁搭边冲切，为避免冲裁时凸模承受偏载，向无刃口外侧倾斜，在非刃口面设置一个止动台，见图4-28中*F*—*F*剖视图。

冲压零件上三个定位爪，全靠切开扳边工位的凸模工作端刃口形状，在一个行程中先切开一边，接着扳边。因此，将该凸模端头工作刃口设计成尖劈形，刃口切开材料后，靠上倾并带小圆角的刃口杆部下压，实现扳边，见图4-28中*B*—*B*剖视图。

用上述工艺及冲模结构，一模成形冲制出定位盘零件，省工省料，效率高，模具结构简

单，制造与修理也较方便。

4.5.3　机芯支架连续式复合模结构设计

薄板多向弯曲立体成形冲压零件的一模成形，尤其对尺寸较小、形状复杂的多向弯曲件，不仅在冲压工艺、排样图及冲模结构的设计等方面，存在较大的技术难度，更主要的是，各工位送进方式的确定、各工位送料精度的提高，以及各冲压工步次序的排列等，都有较高的技术含量，而且，在模具制造上技术要求较高，模具调试技术难度大。汲取国内外的实践经验和先进技术，可以避免在推广应用一模成形多工位连续复合模中少走弯路。

仪表机芯支架七工位一模成形连续式复合模及其工艺安排和结构设计，颇具代表性，有较好的参考价值。

1. 冲压零件工艺分析

图 4-29 所示机芯支架，材料为硬态 H68，料厚 $t=0.4$mm。其外形类似弯脚伸向四方的

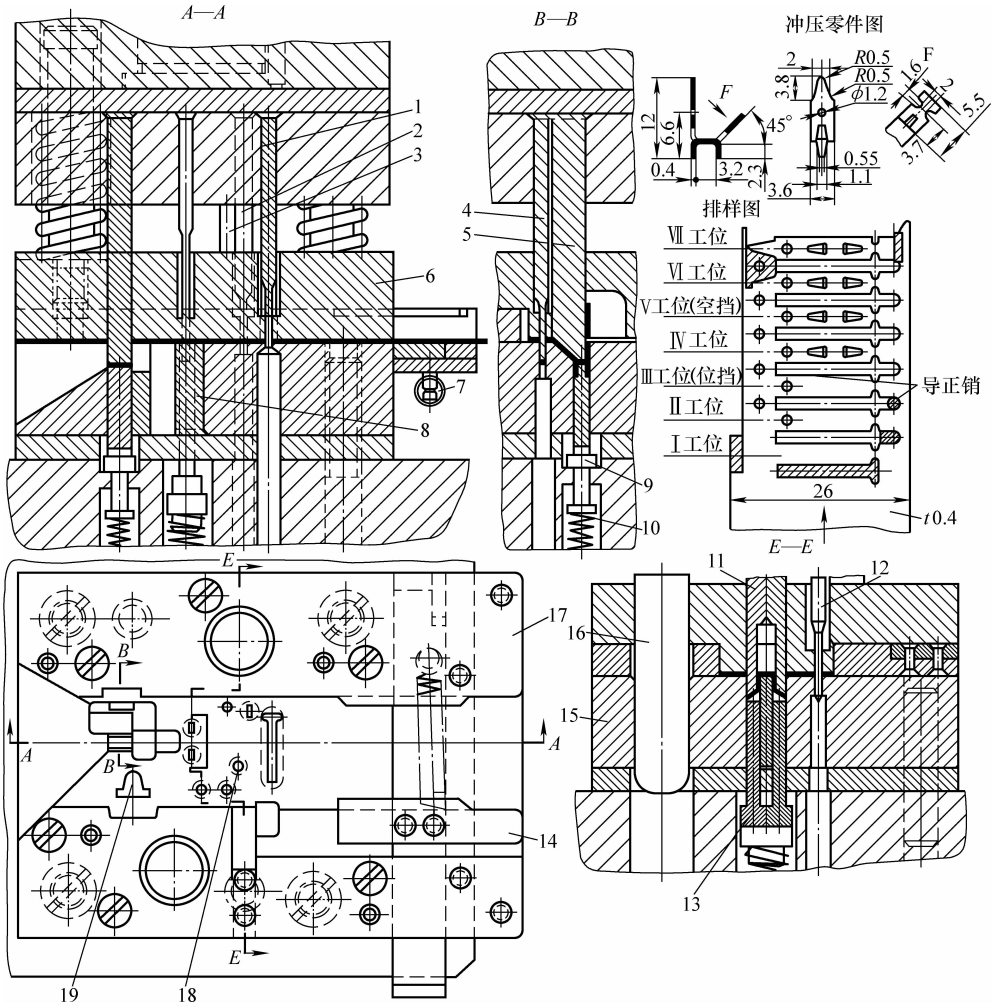


图 4-29　机芯支架七工位连续式复合模

1、2、3—裁搭边与冲工艺定位孔凸模　4—切开凸模　5—弯形凸模　6—弹压卸料板　7—拉簧　8—切口扳边凹模　9—弯形凹模　10—弹簧　11—扳边凸模　12—导正销　13—弹顶垫　14—侧压装置　15—凹模　16—小导柱　17—导料板　18—冲 ϕ1.2mm 孔凹模　19—搭边冲切凸模

X 形，最大外形尺寸仅 12mm，最小弯脚长度仅 2. 3mm。其展开平毛坯如图中排样图的Ⅶ工位所示，其尺寸为 20. 7mm × 3. 6mm，一端有 ϕ1. 2mm 小孔，另一端有宽 1. 6mm 的两个对称的半圆凹口。头部为高 3. 8mm 的等腰三角形，底角外有 *R*0. 5mm 圆弧。中心点两侧 3. 2mm 处，有对称的两个底边长 1. 1mm、高 2. 3mm 的三角形切口 90°扳边。此工件形状复杂、工艺性差，表现在以下几个方面：

1）将展开平毛坯弯成 X 形并保持一弯边与水平呈 45°，相对两弯边呈一直边，即向四方多向弯曲。与一般 V 形、⌊形等弯形件相比，在弯曲成形及回弹消减等方面，难度更大。

2）冲 ϕ1. 2mm 小孔、宽 1. 6mm 半圆凹口，以及底边为 2mm 而高仅 3. 8mm 的等边三角形，且该三角形顶有 *R*0. 5mm 的圆角，底边两头有连接 0. 8mm 凸台的 *R*0. 5mm 圆角。这些小尺寸孔、凹口、凸台及小圆角的冲切，都将给冲模结构设计带来困难，且对模具寿命的维持极为不利。

3）该工件尺寸小，展开平毛坯长宽比大，而冲压工位多，故必须要求送料进距偏差小、精度高。否则，不仅冲压精度难以保证，冲压尺寸、对称切口与凹口的对称度等，都会发生偏移而达不到要求。

4）考虑一模成形，就要将所有冲压工步，安排在同一套冲模的众多工位上。该工件料厚仅 0. 4mm，只能采用携带法实现工位间送进。这将对展开平毛坯的冲切，提出更高的要求，也对冲模导向结构及其制造精度提出更高的要求。

2. 工艺方案的对比与设计原则

选择冲压工艺方案要考虑满足交货期 *T*、质量 *Q* 及成本 *C*。通过多方案对比，结合现场生产条件和技术水平择优采用。

交货期 *T* 的主要决定因素是冲压生产率，兼顾成本 *C* 与质量 *Q*，对不同产量、不同生产性质的冲压零件，应采用不同的生产费用相对低廉、模具费用也较低的工艺方案及冲模（推荐冲模类型见表 1-2），以获取更高的效益。

不同的冲压工艺使用不同类型的冲模，而不同类型冲模的生产率、冲压精度、模具费占冲压零件生产成本的比率各异。通常情况下，各类经济（简易）冲模和组合冲模都是手工送料，生产率较低。在全钢冲模中，多工位连续模生产率较高，比单工位冲模要高两倍以上。若为其装设自动送料装置实现自动冲压，其生产率约为所用压力机滑块每分钟行程数的 90% 以上，达到冲模的最高生产率。一般说来，各类简易冲模的冲压精度低于 IT13，全钢冲模的冲压精度，依其结构与制造精度不同，大致在 IT9 ~ IT13 之间。虽然采取一些结构措施和制模手段，还可进一步提高冲压精度，但模具费要大幅度增加。模具费应包括模具制造费、模具刃磨与修理费，以及因模具意外损坏或拖期修理而造成的停工损失费。表1-2 数据可供选用冲压工艺方案、核定冲压零件制造成本时参考。

3. 工艺方案确定及排样图设计

机芯支架要求月产 8 ~ 10 万件，年产量超过百万件。采用单工序冲模分序多模冲制，除工艺流程长、效率低外，因工件尺寸小、毛坯入模和弯曲工序模上出件，不仅困难而且操作危险。采用这种分序多模冲压的落后工艺，不适于成批和大量生产这类小尺寸多向弯曲件，不能满足冲压零件交货期短、质量高、降低成本的要求。采用单工位综合式复合模冲制，由于该零件形状近似 X 形，需进行多向弯曲，加上工件尺寸过小：*R*0. 5mm 的尖角、ϕ1. 2mm 小孔、宽 1. 6mm 的半圆凹口、两个底边长 1. 1mm、高 2. 3mm 的三角形切口、90°扳边等，均使单工位复合冲压的结构设计十分困难，模具寿命也无法保证。由于还要在落料展开平毛

坯宽3.6mm的中心冲ϕ1.2mm小孔，在宽3.6mm的两边冲出对称的宽1.6mm的半圆凹口，但两凹口顶间壁厚只有2mm，而冲出两凹口形成的端头凸台为1.2mm×3.6mm等，这对于复合模的凸凹模而言，制造困难，寿命很低，极易损坏。鉴于以上所述，单工位复合冲压工艺方案亦行不通。最后采用多工位一模成形连续冲压，但也有多种方案，可以对比择优选取。

与分序多模冲制所有弯曲件一样，基本工艺仍为：冲孔、落料展开平毛坯、弯曲成形。采用多工位连续冲压一模成形，就要将所有冲压工序安排在同一套冲模的多个工位上，分步冲压。就机芯支架零件而言，因其料厚$t=0.4$mm很薄，只能用送进材料携带工件的方法，实现各工位送进。可采用嵌入式携带法或分切式携带法实施连续冲压。

采用嵌入式携带法实现工位间送进，要整体落料展开平毛坯，并在落料凸模回程时由落料凹模内的反顶机构，将毛坯再顶入原搭边框中，由送进的原材料将其携带到最后弯曲成形工位，冲弯成形。

其工艺工步为：冲宽1.6mm的两半圆凹口和ϕ1.2mm孔、冲口扳边1.1mm×2.3mm呈90°两处、整体落料、弯曲成形。这个工艺方案的主要缺点是：切口扳边后送料必须抬起，不方便且影响生产率；小尺寸冲孔凸模太多，易损坏；所有成对冲孔、切口扳边凸模相距太近，在其固定板上安装没有足够的位置。小凸模杆部必须加粗，而两者最小距离仅2mm，结构设计困难，故不能采用此方案。

采用分切式携带法实现工位间送进，可以克服上述方案的缺点，圆满实现一模冲压成形。分切式携带法是通过冲切搭边，分步完成对展开平毛坯的成形冲切，在最后工位再切开并弯曲成形。在排样图设计时采取如下措施：

1）充分利用裁搭边排样的优势。通过适当放大搭边量、小凸台及小凹口与搭边组合冲切，变小凸模和窄凸模冲裁为大凸模及刚度较好的凸模，如展开平毛坯的三角头及小台阶、毛坯尾部的半圆凹口与尾部小平台等，详见图4-29中排样图。

2）考虑冲模结构设计需要并提高凹模强度，凸模在固定板上的固定要有足够的位置，特设置Ⅲ、Ⅴ两个空挡工位，见图4-29中排样图。

3）采用标准矩形侧刃加导正销节制送料进距，并微调进距误差。考虑料宽而进距小、送进精度高，在侧刃一边的结构废料上增设工艺定位孔，并与另一端设在搭边上的导正销相当、平衡。

4）用侧刃控制进距误差<0.15mm，再经两导正销微调，可使送进偏差达到<0.04mm。

4. 冲模的结构设计

采用标准导柱模架、弹压卸料板（带小导柱）导向的精密冲模结构，Ⅳ工位切口扳边后，为送进方便，特按两扳边齿距，留出空槽至Ⅶ工位弯形弹顶下模垫。冲孔与冲长槽孔凸模、杆部都予加粗。为提高凸模导向精度和抗纵弯能力，采用加厚卸料板和固定板。在导料板的入料口，装设侧压装置。最后的切口弯曲工位，设计有更大的成形空间，下模设有30°卸件斜坡，以便成形及冲压零件出模。

4.5.4　连接座多工位连续式复合模结构设计

随着冲模设计与制造技术的提高与不断完善，多工位连续式复合模的使用日趋广泛与普及。在冲压生产中采用多工位连续式复合模，存在着巨大的节能降耗、降低成本的潜力。

1. 冲压零件工艺性分析

连接座（见图4-30）采用材料为1.5mm厚的10钢冷轧板冲制而成。其外形尺寸为长×

宽 × 高 = 45mm × 36mm × 12mm。该零件中心有 ϕ20mm × 4mm 内孔翻边圆柱台，其四角有 4 个 $\phi3\,^{+0.1}_{0}$mm 孔，孔距要求较高，公差均为 0.03mm。孔边距为 3mm 和 3.5mm。两边的弯边高度仅 6.5mm，弯角内边弯曲半径 R = 2mm。由于其料厚 t = 1.5mm，4 个角的 $\phi3 \pm 0.1$mm 孔最小边距为 3mm，孔心距为 $18\,^{+0.03}_{0}$mm × $32\,^{+0.03}_{0}$mm，4 小孔中心又有 ϕ20mm 翻边柱台，用单工位复合冲压的工艺性较差，即一次冲孔并翻边会使冲模的结构设计发生较大困难。但冲孔、翻边、弯曲分工位或分序冲压则没有问题。冲压零件上所有平面的线性尺寸公差，均要靠制模精度保证。冲压零件弯形后会有回弹，好在弯角允差稍大，弯边高度及两弯边开口要求公差不严，同时工件材料弹性不大，回弹量有限，只要冲模结构上采取适当措施，即可控制回弹不致造成超差。

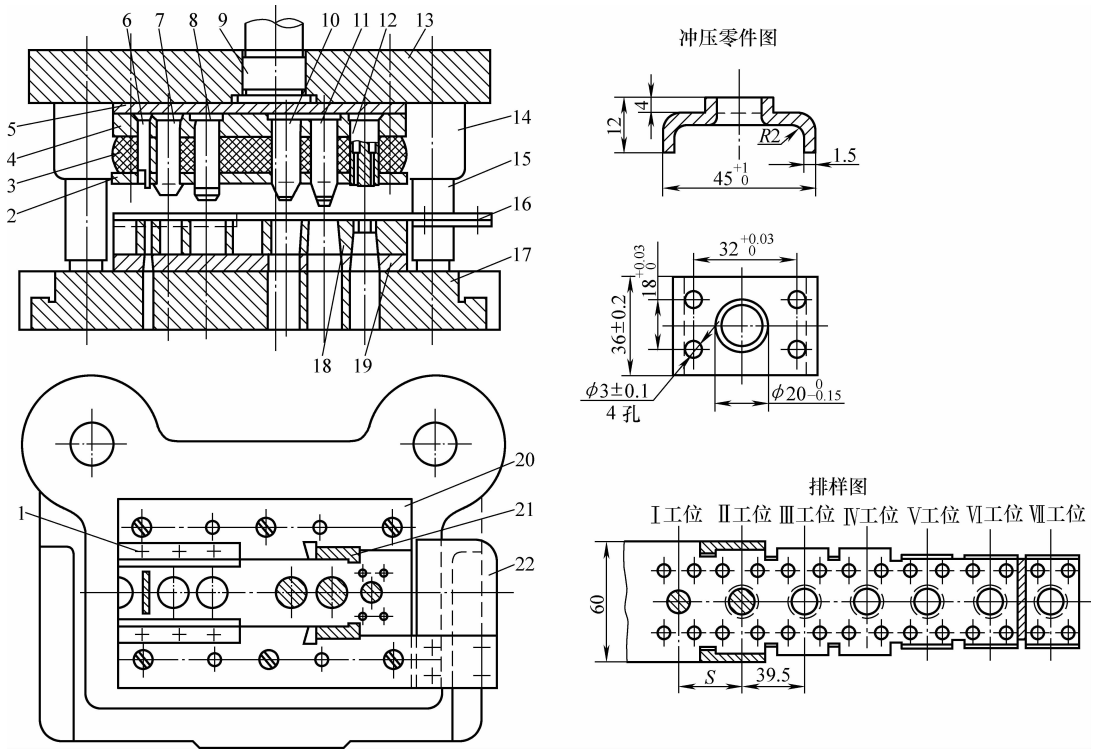


图 4-30　连接座七工位连续式复合模

1—弯曲凹模镶条　2—卸料板　3—橡胶体　4—凸模固定板　5、19—垫板　6—切断凸模　7—定位校准凸模　8—弯形凸模　9—模柄　10—翻边校形凸模　11—翻边凸模　12—冲孔组合凸模　13—上模座　14—导套　15—导柱　16、20—导料板　17—下模座　18—凹模　21—成形侧刃　22—承料板

2. 工艺对比

用传统冲压工艺冲制连接座，通常是采用冲孔—落料连续冲裁模，先冲切出平板展开毛坯，然后用单冲翻边模翻边、单冲弯曲模弯成形，总共至少需要三套冲模。在最初冲制这个零件时，为简化冲模设计与制造，采用五套单工序冲模生产，即落料展开毛坯、冲翻边孔、翻边、冲 4 个小孔、弯成形。上述曾使用过的冲压工艺，在过去中小批量轮番生产中，虽完成生产任务，但耗费工（台）时多，零件质量低，尤其是互换性差，成本高，难以适应大量生产的需要。为缩短工艺流程，减少生产工序及设备数量，压缩生产周期，满足扩大生产的需要，曾考虑采用两套冲模。一套连续模完成冲 4 个小孔、冲翻边孔、翻边和落料毛坯。

该连续模 4 个工位，还可采用无搭边排样，最后工位剪裁分离即可；另一套是弯形单工序冲模。由于无搭边排样，条料剪裁难以保证工件外形宽度尺寸 $36^{+0.2}_{0}$mm，而最终没有采用这一工艺方案。

如今采用一模成形冲压工艺，重点考虑以下几点：

1）用一套多工位连续式复合模、一台压力机、一个操作工，直接从原材料一模成形冲制出符合冲压零件图要求的成品零件。

2）采用单列直排有搭边排样，冲压工艺过程及冲压工步如下（见图 4-30 中排样图）：

① 冲孔，包括 $\phi 3^{+0.1}_{0}$mm 的 4 个小孔和中心翻边预冲孔。

② 成形侧刃冲切外廓两边，翻边。

③ 弯形，一次同时弯两边。

④ 切断分离，切除中间连接搭边，推卸出工件。

3）工位间送进方式采用分切式携带法，故必须采用有搭边排样。将中间搭边作为工位间送进的纽带，依靠送入原材料携带工件（坯件）至各工位，也是确保外廓冲切尺寸精度的补偿搭边，在最后工位切除这部分纽带。

4）设两边两组成形侧刃，用裁搭边法冲切出工件展开平毛坯的两端及要弯边的外廓，当然还要稍长一些，以便一次弯成形。

5）为确保四个小孔的孔距精度及翻边柱台的位置度，翻边前的预冲孔应与 4 个小孔在同一工位一次冲出。

上述一模成形工艺虽仍采用手工送料，但操作者手指远离模具工作区，故十分安全。而且，采用通用的一次送料装置后，亦可进行全自动冲压。

3. 排样图设计

在设计连接座的多工位连续模排样图中，应注意以下几点：

1）无搭边排样虽然材料利用率高，但冲压精度低。当冲压零件尺寸精度高于 IT13 时，不推荐采用无搭边排样。图 4-30 所示冲压零件不仅尺寸精度较高，同时欲采用多工位连续式复合模一模冲制完成，且工位间送料进给使用分切式携带法实施，即用送进原材料携带坯件至各工位，故只能进行有搭边排样。通常情况下，连接各工位坯件，最后才冲切去除的中间搭边。往往要在查表或图算获得最小搭边值的基础上，还需按冲压零件形状、尺寸大小、工位数多少，从携带坯件需要和冲模结构设计要求考虑，确保冲压送进中不变形，冲切方便，还要适当加大。

2）由于冲压零件 4 个小孔中 $\phi 3\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ 的孔距公差要求较严，应考虑在同一工位上冲出；为保证准确的翻边位置，翻边预冲孔也要同上述 4 个小孔一次冲出。而后靠翻边柱台定位，冲切工件外廓。

3）多工位连续模工位间送进方式虽还有传递法，但携带法使用最普遍。因为用携带法实现工位间送进冲模结构简单，不需在冲模上设置二次送料即传递坯件机构。在携带法中，分切式携带比嵌入式携带使用范围更大。图 4-30 所示冲压零件即采用分切式携带法实现工位间送进。

4）工位间的送进方式影响到冲压工艺过程及工位的顺序与数量。分切式携带法没有坯件落料工位，而将其分为 2 ~ 3 个工位分工步冲切。传递法要在展开毛坯一次落料后再弯形。该冲压零件是在成形、弯曲后切断分离，外廓用成形侧刃、切断凸模分次完成。

5）成形侧刃不仅承担进距限位工作，还利用冲切沿边，冲出工件部分外廓。因此，其

冲切刃口形状，可依冲压零件外廓形状变化，可以是任意形状。

6）按冲压工艺过程排定的冲压工步绘制排样图时，要认真考虑冲模结构设计的要求，要充分满足工件变形、校形、冲裁和分离等工艺作业对工位的需要，以保证工件成形质量。图 4-30 中设置了翻边后的校形，以及Ⅳ和Ⅵ两个空工位。Ⅶ工位切断分离凸模距弯曲凸模太近，凹模壁厚太小，且凸模在固定板上固定位置太小，以及切断前尚须用翻边柱台内孔与外圆准确定位后再切断，故必须增加空工位Ⅵ。翻边后高度不足及形状不好，则是增加校形工位Ⅲ的原因。

4. 冲模的结构设计要点

排样图完成之后，冲模的结构也大体上确定下来。尽管在冲模结构设计过程中，还有可能对排样图及工位排列进行调整，但多为局部的。图 4-30 所示冲压零件所用多工位连续式复合模，全部七工位沿送料方向在同一平面成直线布置，工位间送进采用分切式携带法解决，故只需依排样图及有关参数，确定以下总体设计问题：

1）根据工件使用原材料宽度和送进长度，考虑导料板及导料槽宽度，计算出下模的平面尺寸。依此选定标准模架的凹模周界 $L \times B$。

2）工件料厚 $t = 1.5\text{mm}$，考虑翻边、弯形及冲小孔卸件需要，采用弹压卸料板。根据凸模固定板厚度、卸料用弹性元件的自由高度、卸料板厚度以及冲压时凸模进入凹模深度、总刃磨量等项内容，可以确定需要的凸模长度。而后再根据凹模厚度及上下模座厚等，便可计算出冲模闭合高度，依此选定凹模周界尺寸，就可选定不同类型标准模架的规格。对于细长凸模还应核算其抗纵弯能力。图 4-30 所示冲压零件虽冲孔最小直径为 3mm，但采用超短加固结构，便没必要校核其抗纵弯能力了。

3）Ⅰ工位冲孔凸模的结构设计，采用在矩形断面的杆端车出翻边预冲孔圆凸模直径，其长度为卸料板厚度的 2/3，矩形杆的总长为计算凸模总长度。在该矩形杆的圆、矩形断面的交接平面的四角，按 $32^{+0.01}_{0}\text{mm} \times 18^{+0.01}_{0}\text{mm}$ 的孔距公差，加工出镶装短的冲 4 个 $\phi 3\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ 小孔凸模的台阶通孔，制出Ⅰ工位冲 5 个孔的凸模。

4）使用成形侧刃取代普通标准侧刃，对送进原材料进距限位。成形侧刃沿送料方向的刃口长度，通常与送料进距相等，制造时取单向正差 0.01 ~ 0.015mm。

5. 设计、制造及使用中的几点提示

根据国内现有制模工艺水平、冲压生产技术及设备条件，兼顾传统冲压技术，多用条料且以手工送料为主的现状和实际情况，对推广使用一模成形多工位连续式复合模，提示如下：

1）选用冲压设备，要考虑多工位连续模连续冲压的特点及其需要冲压吨位加大的特殊性。因为机械压力机是靠其飞轮转动储备能量，当连续冲压时会因其飞轮转速下降，输出的冲压功及压力都会减小。当飞轮转速下降超过 10%，就会影响冲压工作的正常进行；当其转速下降 20% 以上时，会出现卡模甚至超载停机，严重的会造成电动机滑差，线圈过热而烧毁。正常情况下，压力机飞轮转速下降 50% 时，其输出冲压功也将减半。因此，在选用多工位连续模使用压力机时，应在计算压力和功的基础上加一倍，选定稍大一点的标准吨位系列压力机为宜。

2）尽量选用卷料或长的带料。如果没有这两种原材料，建议选用大规格长板料裁成的长条料，以利于减少料头料尾损失，并提高生产率。短的条料非但利用率低，也不利于送进，特别是不利于机械化与自动化冲压作业。

3）冲裁工位尤其初始几个冲裁工位的凹模，建议设计为整体模板，以便于和固定板、

卸料板（导板）叠合，用电火花线切割一次加工出对应模孔，除提高制模效率外，制模精度尤其模孔同轴度极好；弯曲等成形工位则可按工位需要设计成镶拼结构，以利制造、修理与刃磨。

4）在大量生产时，当压力机滑块行程次数＞45 次/mm 时，就应采用送料装置，送原材料入模自动冲压。手工送料的频率受人体机能的制约，如长时间在滑块行程次数大于45 次/min 的压力机上手工送料，极易疲劳。不仅送料的强制节拍保证不了，还会发生事故。根据国内目前无标准通用送料装置，国产普通压力机也不附带送料装置以及国产卷料规格少，绝大多数冲压零件用板裁条料冲制等实际情况，为减轻冲压劳动强度及操作危险性，也为提高冲压机械化与自动化程度，推荐在多工位连续模上设置原材料自动送进机构。

4.5.5　限位盖板连续式复合模结构设计

图 4-31 中冲压零件图所示限位盖板，尺寸小而形状较为复杂。该零件材料为软态 H62 黄铜，料厚 $t=0.5$mm。按照传统的常规冲压工艺，对于图示这类形状较复杂的小型立体形冲压零件，至少要拉深、落料、冲群孔三个工序，使用三套或三套以上单工序冲模，才能冲制完成。经工艺分析后改进冲压工艺，采用板裁条料手工送料，连续冲压一模成形。

1. 冲压零件的工艺分析

该零件的形状结构特征适宜进行连续冲压一模成形。

1）浅圆筒冲底并带异形宽凸缘的拉深件，带有宽×长＝3mm×5mm 的对称支臂。拉深直径为 ϕ12mm，高为 4mm，最大外径为 ϕ36mm，凸缘直径为 ϕ26mm，在凸缘的 ϕ19mm 圆周 252°圆心角上均布 8 个 ϕ1.6mm 小孔。

2）如此宽凸缘浅圆筒，对于塑性好的 H62 软态黄铜材料，可一次拉深成形。

3）8 个密集的 ϕ1.6mm 小孔，对于 $t=0.5$mm 的黄铜，一齐冲出，有难度，但可以解决。

4）冲压零件材料软而薄。为顺畅送料，应适当放宽搭边，增加搭边框刚度。

2. 连续冲压工艺及工位排布

采用先拉深而后依拉深圆筒定位，在宽凸缘上冲 8 个小孔，再冲拉深坯底孔，最后用导正销插入拉深筒底孔导正定位落料，冲出成品零件。根据连续冲压工艺，安排冲压工位为：

第Ⅰ工位采用无工艺切口拉深，一次到位，拉深高度 4mm×ϕ12mm。

第Ⅱ工位以深圆筒定位，冲出宽凸缘上均布的 ϕ1.6mm 小孔 8 个。

第Ⅲ工位仍依拉深圆筒定位，冲出中心底孔 ϕ12mm。

第Ⅳ工位用装在落料凸模上的导正销定位落料，冲出成品零件并靠起自重漏入模下零件箱。

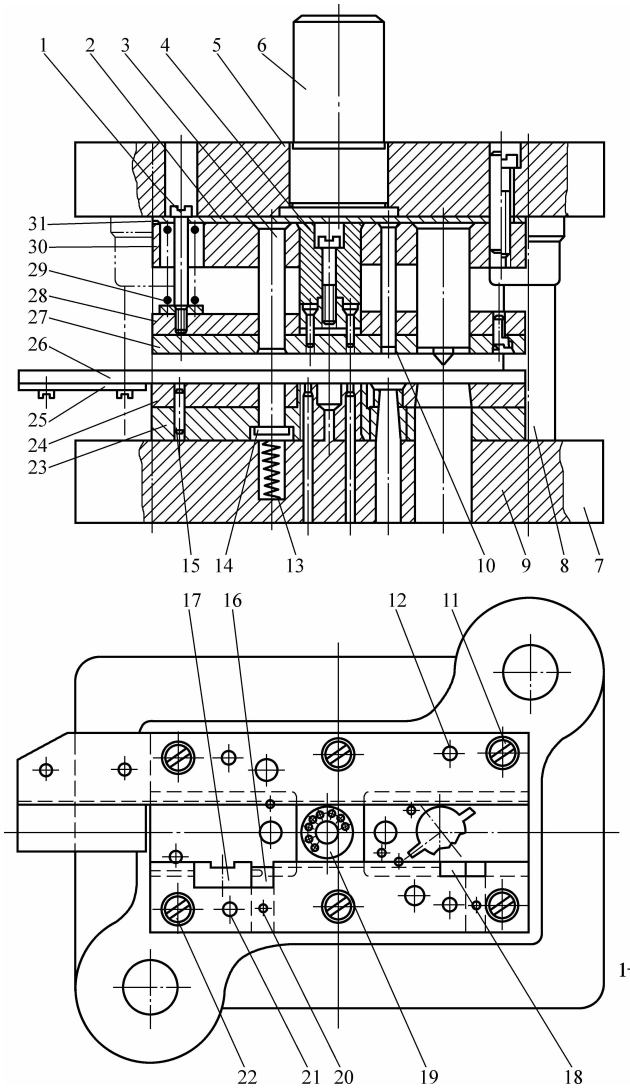
3. 冲模结构设计

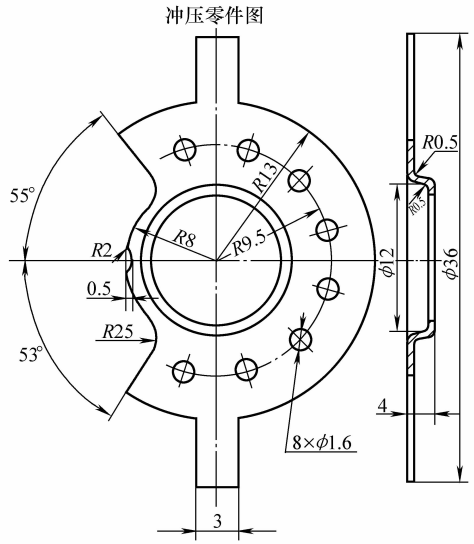
该冲模采用标准的滑块动导向对角导柱模架弹压卸料板结构，用凹式标准侧刃节制送料，控制进距 S 极限偏差≤ ±0.15mm。

结构设计根据冲压零件形状结构特点，采取以下结构措施：

1）8 个密集小孔采用超短凸模，装在一个整体的圆形镶块上，用螺钉紧固定在一个接块体上，作为一个凸模铆接在固定板上。

2）冲小孔凹模与凸模匹配，也制成一整体镶嵌件，装入凹模框。





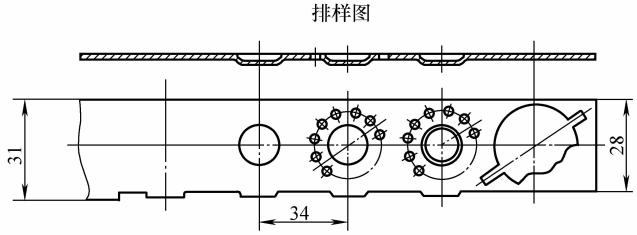


图 4-31　限位盖板四工位连续式复合模

1—卸料螺钉　2、31—垫板　3、9、10—凸模　4—接块　5、7—模座　6—模柄　8—导柱
11、22—螺钉　12、15、20、21—销钉　13、29—弹簧　14—顶件器　16—侧刃挡块
17、18—侧刃　19、24—凹模　23、30—固定板　25—承料板
26—导料板　27、28—导板（卸料板）

3）其他工位也分别做成镶块，装在凹模固定板上。

4）在落料凸模上装导正销，保证中心孔与外廓的同轴度。

5）为确保冲孔凸模抗纵弯刚度并保证其准确导向，卸料板采用二层结构，下层按导板要求加工制作。

4.6　连续式复合模典型结构实例

通过对有代表性的连续式复合模的典型结构实例分析，找出其结构设计要点，看出采用各种不同结构形式的原因，经过消化吸收、举一反三，便可应用到实际设计中。

4.6.1　支架三工位连续式复合模

该冲压零件形状如图 4-32 所示，并不算复杂。材料为 20 钢冷轧板，塑性好，易于冲压加工；但其顶部横梁很窄，而其两个支承臂较宽，其展开长度又较长。如何使其凸模增宽加厚、提高寿命，是其冲模结构设计中一个课题。否则，难以适应大量生产。

图 4-32 所示支架三工位连续式复合模结构简单，很好地解决了窄长、断面变化大的长刃口凸模的结构设计问题。

从展开平毛坯排样开始，采用有搭边单列横置直排排样。利用其结构废料宽大的特点，采用裁搭边，并使用成形侧边凸模冲切对称两头的排样方法。送料进距很小，S = 13.5mm。采用矩形截面标准侧刃。工位安排为：

第Ⅰ工位冲切中间搭边与结构废料相连的大片废料。可以看出，冲切凸模加厚，断面变大，制造容易，坚固耐用。

第Ⅱ工位是空挡。因为送料进距很小，工件中部窄又长，如不加空工位，便会使两工位相距太近，凸模与凹模强度不足，也装不到固定板上去，位置不够。

第Ⅲ工位用一对成形侧边凸模冲切工件两端外廓与原材料分离，获得完整展开平毛坯并弯曲成形。成品零件由凹模弹顶垫弹出，从模上侧旁的卸件坡滑入零件箱。

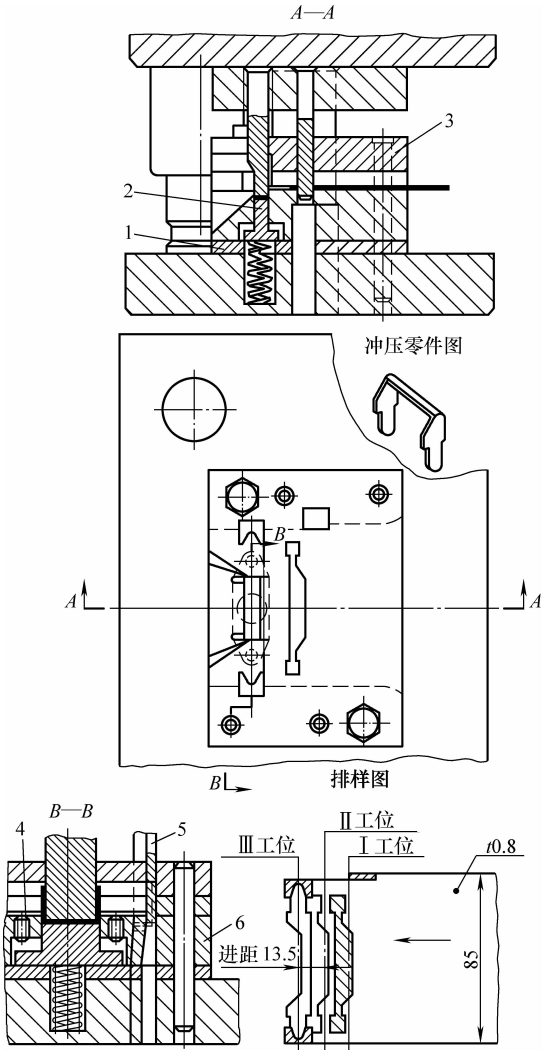


图 4-32　支架三工位连续式复合模

1—垫板　2—弯曲凹模弹顶垫　3—固定卸料板

4—定位螺钉　5—成形侧刃　6—凹模

4.6.2　钮扣盖三工位连续式复合模

如图 4-33 所示，该冲压零件尺寸精度要求不高，但有较高的外观装饰效果要求，其

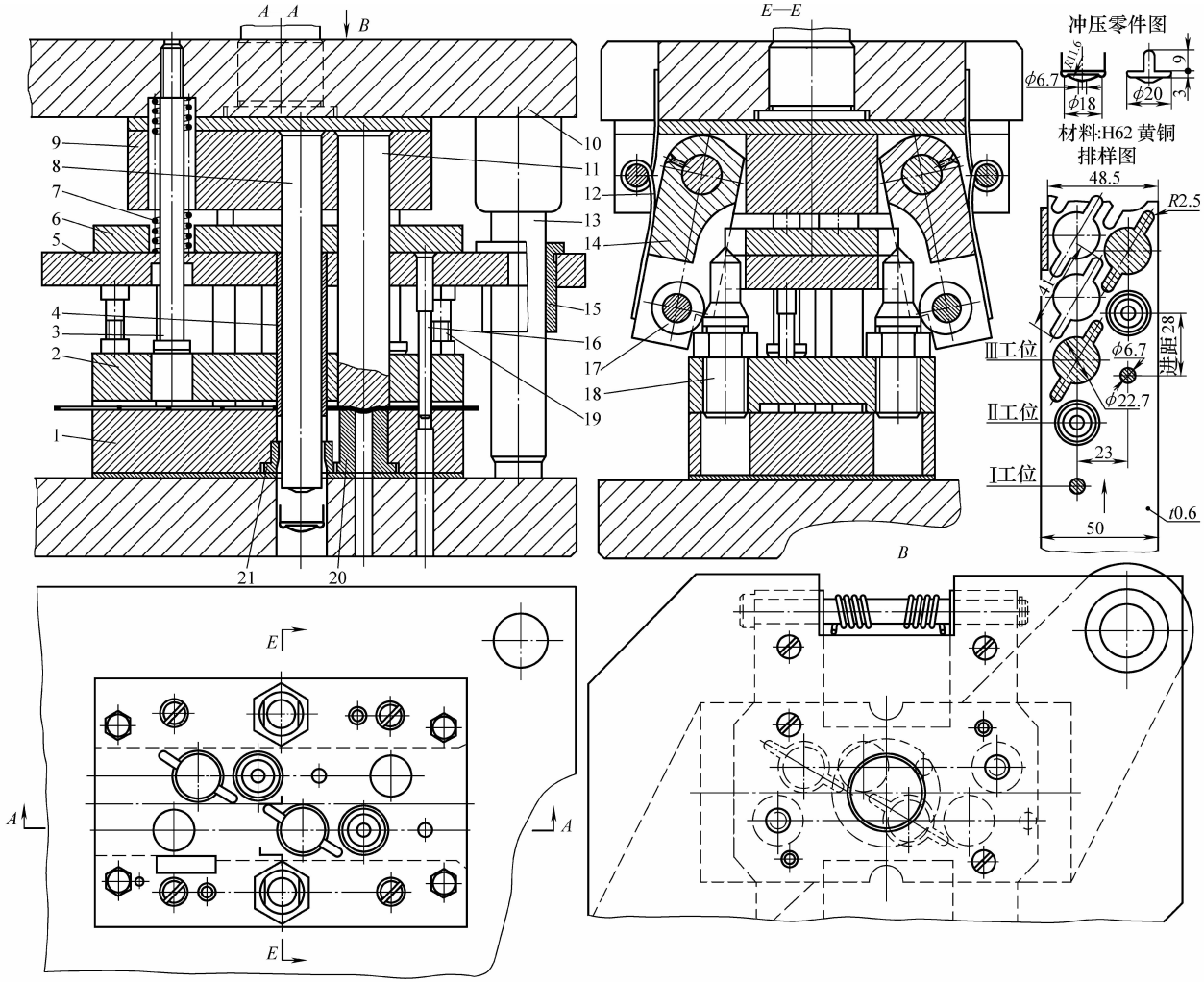


图 4-33　钮扣盖三工位连续式复合模

1—凹模板　2—卸料板　3—限位柱　4—落料凸模镶套　5—冲孔凸模固定板　6—垫板　7—弹簧　8—拉深弯曲凸模　9—固定板　10—上模座　11—压凸包成形凸模　12—扭簧　13—导柱　14—摆动块　15—导套　16—冲孔凸模　17—滚轮　18—控制柱　19—六角螺钉　20—压凸包凹模　21—弯曲凹模

外表不能有擦伤划痕与肉眼可见的凹坑、锈斑及油污；还要求具有一定的几何精度，中心凸顶圆弧与外廓不得有明显偏心，对称的紧固臂不能错移，否则，后盖便装不上去或装上也难看。钮扣盖属于饰品，外观要求高，产量大，模具的结构设计也必须注意并满足这两点要求。

该冲压零件展开平毛坯的形状与尺寸，如排样图中Ⅲ工位所示。冲压工步的安排为：

第一工步在第Ⅰ工位先冲 ϕ6.7mm 的中心孔。

第二工步在第Ⅱ工位压凸成形 R11.6mm 中心凸包。

第三、四工步在第Ⅲ工位复合冲压：先落料后拉深 3mm 浅筒，并将对称两支臂弯 90°。

由于其展开平毛坯带有两个 9mm 高的支臂，采用双列错开斜排排样，较为省料。料厚 $t=0.6$mm，采用搭边宽度 $b=1$mm，沿边 $b_1=1.2$mm，侧刃切边宽度 $b_1\leqslant 1.5$mm。因为用板裁条料或带料冲压，料宽偏差大，用侧刃切边定位，控制送料进距较为适宜，可以精确控制送料进距 $S=(28\pm0.15)$mm，能满足要求。

该冲模的结构设计十分新颖，有以下特点：

1）该冲模整体结构虽为滑动导向对角导柱模架固定卸料板结构，但有新的创意。采用三个工位有一定高度差的凸模，在Ⅲ工位采用双层凹模与最长的Ⅲ工位复合冲压凸模匹配。为此，采用双层凸模固定板，将冲孔凸模安装在最下边一层的凸模固定板上。该固定板设计为二层，并挂装在模架导柱上，可上下活动，同时确保与Ⅱ、Ⅲ工位的位置度与同轴度。

2）装在上模座上的上层固定板两侧，垂直于送料方向，装有以摆动块 14 为主，配控制柱 18 及滚轮 17、扭簧 12 等主要零件构成的工作行程控制系统，和以限位柱 3、弹簧 7 为主构成的限位系统。

3）卸料板 2 加厚，并依冲孔凸模 ϕ6.7mm、落料凸模及压凸冲头直径大小，按基轴制 h5/H6 配合，制作匹配模孔确保导向精准。从而使卸料板变成具有良好导向功能的导板，并兼有卸料功能。

4）凹模板 1 加厚，使其可以在第Ⅲ工位上、下安排上层为落料凹模，第二层是拉深、弯曲复合成形凹模。

5）为提高冲模制造与修理的工艺性，Ⅱ工位压凸、Ⅲ工位拉深弯曲两个凹模及Ⅲ工位落料凸模的两支臂部分等，都采用镶拼结构。

该冲模的这种全新的结构设计，生产率高、操作安全，运作也十分顺畅。

该模具原设计是配通用自动送料装置，用卷料自动大量生产。当调好自动送料装置的送料进距 $S=28$mm，并按与使用压力机一致速率协调运作，便可全自动冲压。原材料入模后在Ⅰ工位冲孔，Ⅱ工位压凸包，Ⅲ工位落料。待落料与Ⅰ、Ⅱ工位同步完成后，上模继续下行，摆动块 14 上装的滚轮 17 与控制柱 18 上的斜面接触，将原本由扭簧 12 压向模芯并靠摆块下部端面，垂直立在控制柱的六角台阶上，使浮动冲孔凸模完成冲孔；上模继续下行；原本与控制柱圆柱面接触的滚轮，靠控制柱斜面克服扭簧压力推开摆动块，使上模继续下行；Ⅱ工位凸模实施压凸包，Ⅲ工位落料后继续下行，在Ⅱ工位压凸包的同时，完成拉深弯曲复合冲压并将成品工件推落出模。Ⅰ工位冲孔凸模的浮动受限位柱 3 控制，有弹簧 7 的反顶，垫板 6 也不会与固定板 9 相碰。

如手工送料用板裁条料冲压，应在冲模结构上稍加改动，即加一个相同侧刃，安装在已有侧刃对边冲模入料口位置。

4.6.3　角扣六工位一模三件连续式复合模

从图 4-34 的冲压零件图上可以看出，该零件是一个弯角小于 90°的单角弯曲零件，不仅尺寸与几何精度要求较高，而且有一个 ϕ5mm ± 0.1mm 孔带 0.5mm × 45°孔口倒角及一个 ϕ1.2mm × 90°中心眼。

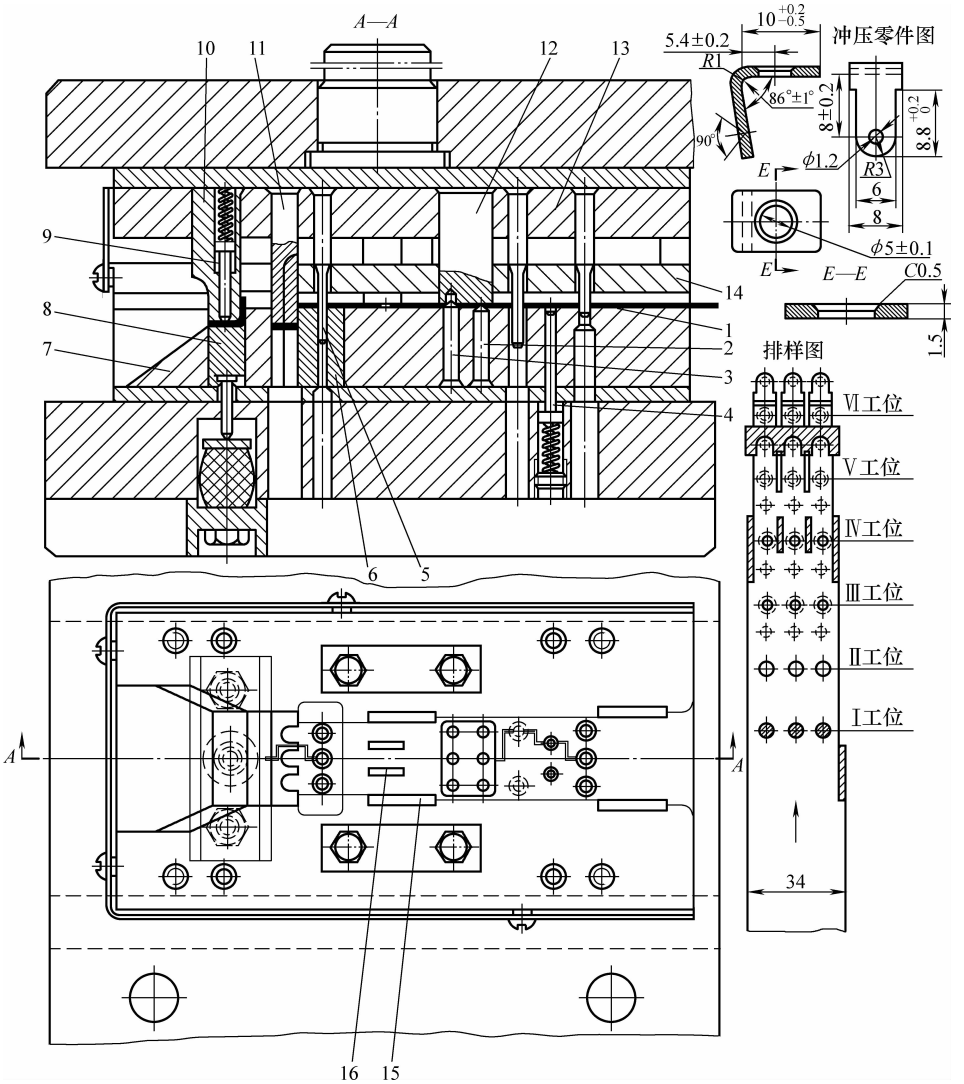


图 4-34　角扣六工位连续式复合模

1—冲孔凸模　2—冲中心眼凸模　3—倒角凸模　4—弹顶销　5—导正销　6—镶块　7—落件坡　8—弯曲凹模顶件器　9—弯曲凸模卸件器　10—弯曲凸模　11—剪切凸模　12—倒角与冲中心眼凹模　13—固定板　14—卸料板　15—侧刃　16—裁搭边凹模

这个零件的冲压难点如下：

1）86° ±1°的弯角很难保证。这是因为材料的弯曲回弹量与很多因素有关，条件相同的相当弯曲件的弯角回弹量，经常不同；同一弯曲件，用一套冲模有时因原材料的“同板差”、原材料同牌号但供货厂商不同或同一厂商生产批次不同，甚至不是同一张板裁的条

料，弯角回弹都有差别。因为小于90°弯角的回弹量，对料厚的实际尺寸、对材料力学性能的波动及硬度的变化，十分敏感。多数弯曲模采用等于或稍大于料厚的弯模间隙，进行镦压弯曲。料厚公差大或比名义尺寸限定偏差大一些，都会造用弯模间隙放大或减小，回弹量必然波动。该工件是弯边长仅 $10^{+0.2}_{-0.5}$mm 的锐角弯曲件，弯角只有 ±1°的极限偏差，难度较大。用负弯角补偿回弹是经常采取的结构措施，但使冲模凸模弯角事先制出小于弯曲角 86° ±1°，小多少合适可以采取两种办法确定。第一是对每批料作实际工艺试验，依此获取精准回弹量；第二种办法是通过试模修准冲模弯曲角。

2）ϕ5mm ±0.1mm 口部 0.5mm ×45°倒角及冲 ϕ1.2mm ×90°中心眼。

3）*R*3mm 半圆头弯边一头的两边，各有 1mm ×8.8mm 的窄长台。1mm 宽的台阶，长达 8.8mm，料厚为 1.5mm，如何冲切才能保证凸模强度。

为解决上述冲压难点问题，需要一个切实可行的冲压工艺方案，并设计好排样图。

考虑大量生产，连续冲压一模成形采用冲孔、冲中心眼和倒角、切断、弯曲四个冲压工步。

排样图设计应考虑冲压难点与结构设计需要，并能提高制模工艺性。

1）采用三行并列直排裁搭边排样，冲压工步及工位安排如下：

第Ⅰ工位第一工步冲孔 ϕ5mm ±0.1mm，为其口部倒角 0.5mm ×45°打下基础。

第Ⅱ工位空挡。

第Ⅲ工位第二工步倒角 ϕ5mm ±0.1mm 孔口部 0.5mm ×45°和冲 ϕ1.2mm ×90°中心眼。

第Ⅳ工位第三工步冲切中间搭边并精切条料宽。

第Ⅴ工位空挡。

第Ⅵ工位第四工步切断并弯曲成形复合冲压。

冲压完成的成品零件，由弯曲凹模中的弹顶垫顶出模后，顺模具旁的落件坡下滑出模进入零件箱。

2）由于采用三行并列有搭边直排排样，使零件的展开平毛坯在条料上的排列，非常有利于裁搭边冲切。零件 *R*3mm 半圆头一端的两边 1mm ×8.8mm 的窄长凸台，由于三行并列排样，中间搭边可取 $b \geqslant 2$mm 宽。窄长凸台加上搭边的冲切宽度增加到 4mm 以上，其冲切凸模刃口断面增大，获得加强。

3）采用多列排样和裁搭边冲切，用侧刃切边定位。由于该零件料厚为 1.5mm，搭边与侧刃切边的最小宽度 $b_{\min} \geqslant 1.2$mm，为送料顺畅和切边尺寸精准，取中间搭边和侧刃切边宽度均为 $b = 2$mm，使原材料入模料宽达到 34mm。

4）冲压零件尺寸小、料厚稍大而孔边距相对较小，ϕ5mm ±0.1mm 的孔边距仅为 1.5mm（等于料厚），考虑外扩 0.5mm 倒角，其最小孔边距仅剩余 1mm。而且该孔后为一个 ϕ1.2mm ×90°的中心眼，使群孔凸模相距太近。因此，增加了Ⅱ、Ⅴ两个空工位。

以上的设计与合理排样，最终形成用成形侧刃裁搭边与沿边组合冲切，三行并列有搭边和沿边的有废料冲裁排样，见图 4-34 中排样图。根据其排样图，设计出图示Ⅵ工位连续式复合模，在其结构设计中采取了如下几项结构措施：

1）由于 5mm ±0.1mm 孔口倒角与 ϕ1.2mm ×90°中心眼冲制，都在贴着凹模表面的同一面上，将两凸模嵌装在同一整体镶块中，使总计 6 件小凸模一起获得加固，仅有很短的工作段露出镶块上表面，制造、修理、更换都方便，也节省了模具钢。

2）最后的切断弯曲成形工位，为便于依切断、弯曲不同工作性质选用不同的更合适的

模具钢，而采用不同的制模工艺分别制造，提高了制模工艺性，也采用了镶块嵌入整体模板中。

3）在固定卸料板三面装了防护栅，仅留原材料入模送料的一面，为方便送料与观察冲模工作情况，未装防护栅。

4.6.4　接线头八工位连续式复合模

实验用精细接线头的材料、外观、尺寸及使用性能等都有要求。图 4-35 所示小型接线头，除对精度有较严要求外，外观也较讲究，要求不准有肉眼可见表面缺陷，不许有手感毛刺。

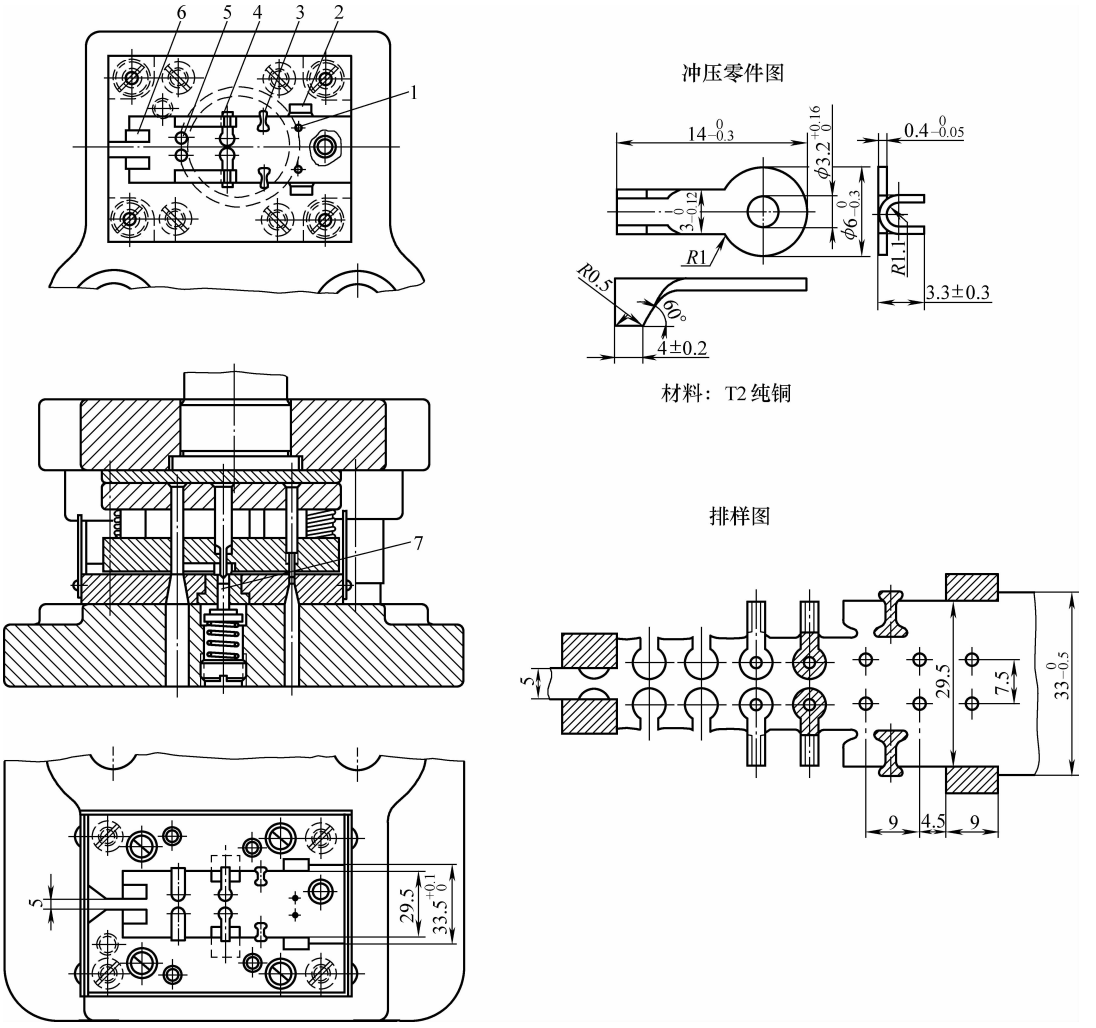


图 4-35　接线头八工位连续式复合模

1—冲孔凸模　2—侧刃　3—裁搭边凸模　4—弯曲凸模　5—落料凸模　6—切废料凸模　7—弯曲凹模

该零件采用有搭边双列对头直排，一模两件。采用两个矩形侧刃，两边对称安装，控制送料进距，用裁搭边法冲切弯曲部位的展开外廓。靠送进原材料携带工件，实现工位间材料（工件）送进。最后工位，切碎搭边废料，以便回收打包。

该零件冲模的结构设计有以下几点值得注意的措施：

1）弯曲后落料分离，将弯曲工位放在落料分离工位之前，使用弹压卸料板，由于弯曲后工件增高，带来了困难。该冲模结构设计，采用将加厚的卸料板，在弯曲与落料工位处，按工件弯曲所需空间和弯曲后的高度，挖制一个凹口，满足工件弯形及送料携带工件至落料工位所需空间。

2）设专门剪裁工位，切碎搭边废料。但留出中间 5mm 宽的窄带，可冲制更小尺寸的零件。

3）在凹模板上四周装设了防护栅。在送料入口侧留出送料口。

4）该冲模的实际冲压工步仅五个，增加了三个空挡工位，详见排样图。

4.6.5　芯套五工位连续式复合模

插芯护套（芯套）为一个台阶式小圆筒形冲压零件，尺寸很小，但有较高的尺寸与几何精度的要求。从图 4-36 的冲压零件及其展开平毛坯图中可以看出，落料毛坯的所有标注尺寸都无一例外地标出了极限偏差。

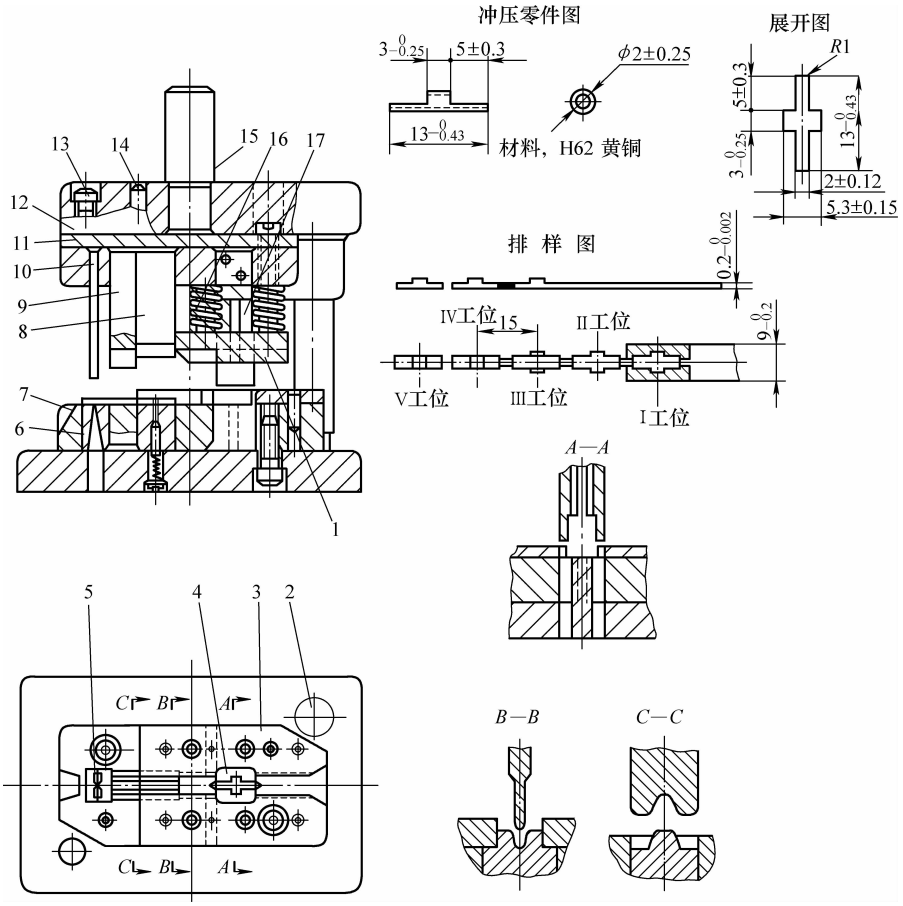


图 4-36　芯套五工位连续式复合模

1—弹压卸料板　2—导柱　3—导料板　4—成形侧刃　5、6—切断凹模镶块　7—凹模　8—弯曲凸模　9—卷圆凸模　10—切断凸模　11—垫板　12—上模座　13—螺钉　14—销钉　15—模柄　16—弹簧　17—成形侧刃

该冲压零件用单列直排有搭边排样，用成对成形侧刃切除展开平毛坯两边绝大部外廓废料，仅留中间很小一点搭边，作为携带工件实现工位间送进的纽带。

各冲压工位和与实际工步安排如下：

第Ⅰ工位为第一工步，用对称设置的成形侧刃，将由结构废料与沿边连接的、围绕于展开平毛坯外廓的大部废料切除，获得的展开平毛坯，还有中间搭边与原材料相连，构成送进毛坯至后续各工位进行冲压的纽带。因为料厚很小，仅 0.2mm，搭边宽度按查表法或图算法求出也仅有 1.5 ~ 1.8mm，用于携带工件送进，略显刚度不足，材料本身为 H62 黄铜较软。为此，取其宽度为 2mm，见剖视图 *A*—*A*。

第Ⅱ工位空挡。因为冲压零件毛坯尺寸小而成形侧刃大，送料进距 $S = 15$mm，与Ⅰ工位成形侧刃太近，凹模刃口壁厚太薄，凸模安装位置不够，不利于提高模具寿命，结构设计也有困难，故增加一个空工位。

第Ⅲ工位为第二工步，进行弯曲，弯成 U 形。见剖视图 *B*—*B*。

第Ⅳ工位第三工步卷圆成形，见剖视图 *C*—*C*。

第Ⅴ工位第四工步切断。

该冲模整体结构形式为滑动导向对角导柱模架弹压卸料结构。凹模采用分工位镶拼结构。

4.6.6　夹板五工位连续式复合模

图 4-37 所示电表夹板不仅形状复杂，而且尺寸精度要求高。其材料为 H68 黄铜，料厚 $t = 0.5$mm。该零件不仅有 ϕ1.57mm 的小孔，还有宽 2.2mm 的凹口，还有深 1.25mm、宽 9mm 的旁置凸包。虽然外形是一个 ϕ19.5mm 的圆片，但中心有异形孔，加上小孔、小凹口及凸包等形状结构，增加了连续冲压一模成形的难度。

排样采用单列，分工位冲裁内形孔、成形后整体落料。因为冲制孔径小、内形尺寸要求精度高，必须从严控制送料精度，确保在导正销导正的情况下，达到良好的内外形同轴度。具体的冲压工艺工步及其工位安排如下：

第Ⅰ工位冲压凸包部位的矩形孔 2mm × 9mm。

第Ⅱ工位冲压凸包部的圆弧外廓。

第Ⅲ工位压凸包，深 1.25mm，底部长 5.8mm。

第Ⅳ工位冲中心异形孔、小凹口及小孔。

第Ⅴ工位整体落料成品零件。

为使冲模运作平稳，提高寿命，采取如下结构措施：

1）采用滑动导向Ⅰ级高精度四角导柱模架、厚钢板上下模座。确保其平稳运作，承载变形很小，不影响冲压精度。

2）冲内形孔Ⅳ工位和压凸包Ⅲ工位，采用镶拼结构的凹模。

3）用聚氨酯橡胶体作为弹性元件，保证弹压卸料平稳，噪声更小些。

4）固定板上装小导柱，与卸料板上的匹配小导套构成卸料板导向系统，确保凸模准确导向。同时，将卸料板加厚，对细小冲孔、冲凹口凸模的加粗杆部按基轴制 h5/H6 配合制作模孔，给凸模以可靠的横向支承，防纵弯折断。

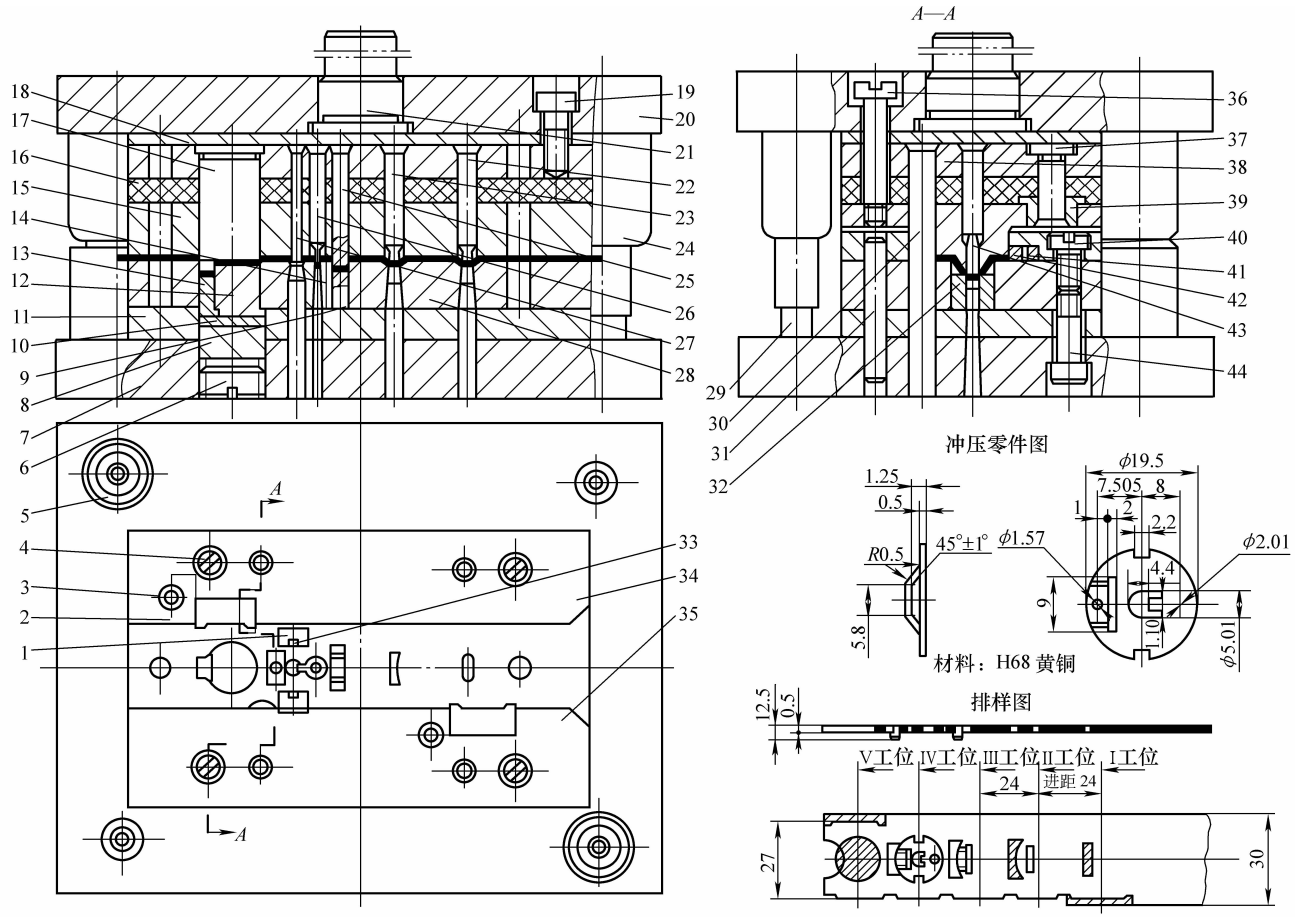


图 4-37　夹板五工位连续式复合模

1、9、14、32—镶嵌件　2—侧刃挡块　3、31—圆柱销　4、6、19、36、40、44—螺钉　5—限位套　7—下模座　8、16—橡胶体　10—圆垫　11—下垫板　12—推件　13—推块　15—压板　17—落料凸模　18—上垫板　20—上模座　21—模柄　22—冲孔凸模　23—月牙形凸模　24—导套　25—压凸包凸模　26、27、43—凸模　28—凹模　29—导柱　30—侧刃　33—凸模　34、35—导料板　37—小导柱　38—上固定板　39—小导套　41—弹片　42—侧压件

4.7 一模成形多工位连续式复合模结构设计的提示

对于形状复杂的立体形薄板冲压件，现在冲压技术已能够用一套多工位连续式复合模，直接从原材料，包括条料、带料或卷料，经压力机的多次行程实施冲孔、切除废料、连续成行，冲制出成品制件，即一模成形。一种冲压件只用一套冲模，革除分序多模冲制的传统冲压老工艺，这是发展迅速的现代冲压高技术。

采用多工位连续冲压高技术，要从工艺编制开始，为冲模结构设计创造条件。

编制冲压工艺时，在工艺方案确定后，首先要进行的一项基础工作就是排样。

平板冲裁件（含各种成形冲压件的展开平毛坯，下同）落料前，为节省材料，在板、条、带、卷料上进行合理的排列布置，以获取最佳排样，达到尽可能高的材料利用率。在冲压工艺设计和冲模设计工作中，这是一项重要而技术性很强的工作。在冲模结构设计中，冲压件图、冲压工艺及其排样图是主要依据。实际上，排样图是冲压作业过程及其相关技术参数的图面表达，是连续冲压中每个工位与工步冲压作业方法与过程及相关参数的准确表述。多工位连续冲压件的样图，要充分表示出冲压工艺及冲压工步的排序，标注出送料进距、沿边、搭边的具体数据，以及工位间送进方式和全部冲压工艺及变形、分离过程。排样图与模具的选型、结构设计、冲压材料利用率、冲压生产率和冲压件生产成本密切相关，同时也影响到冲压件的质量和模具寿命。排样时，要充分考虑材料供应的状况及冲压设备等生产条件。在保证冲压件质量的基础上，力争使冲模具有更佳的结构、更好的操作安全性与制模工艺性，要综合分析影响排样的各种因素，进行多方案比较，从中选优而确定出最佳排样，绘出排样图。

冲模设计开始前要通过分析冲压件图和排样图，了解其主要技术要求和冲压加工难点，对照其排样图审定其冲压工艺的合理性和可能存在的问题，以便为冲模结构设计打下基础。

4.7.1 沿边、搭边宽度值的确定

确定沿边、搭边宽度值的方法很多，如计算法、查表法、图算法，后两种较为常用。

一般用查表法确定不同材料、不同形状与尺寸、不同冲裁料厚及不同排样的冲裁件，进行有沿边、有搭边排样所需的沿边与搭边宽度值。由于查表法使用的表格能准确使用的范围有限，一般都明确限定在以下情况下使用：

1）用于圆、方、矩形等简单几何形状的冲裁件，异形冲裁件不能直接使用。

2）只适用于金属材料。

3）只适用于单列直排排样，不能用于双列、多列直排、斜排、对头排样。

4）大多未考虑压力机滑块速度及送料方式。

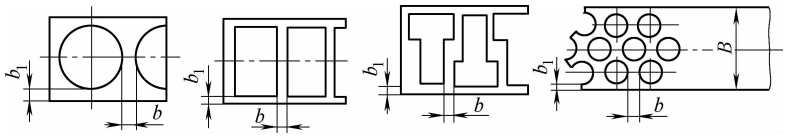
（1）查表法　为适应各种不同的现场生产技术水平和条件，推荐以下两种查表法来求得合适沿边与搭边的宽度值。

1）冲裁金属材料的沿边与搭边值见表 4-3。

2）低碳钢冲裁最小沿边与搭边值见表 4-4。

（2）图算法　确定冲压件排样合适搭边值的列线图见图 4-38。

表 4-3　冲裁金属材料的沿边与搭边值　　（单位：mm）



材料厚度 t	手工送料						自动送料	
	圆形		非圆形		往复送料			
	b_1	b	b_1	b	b_1	b	b_1	b
≤1	1.5	1.5	2	1.5	3	2		
>1～2	2	1.5	2.5	2	3.5	2.5	3	2
>2～3	2.5	2	3	2.5	4	3.5		
>3～4	3	2.5	3.5	3	5	4	4	3
>4～5	4	3	5	4	6	5	5	4
>5～6	5	4	6	5	7	6	6	5
>6～8	6	5	7	6	8	7	7	6
>8	7	6	8	7	9	8	8	7

注：1. 冲非金属材料（皮革、纸板、石棉板等）时，搭边值应乘 1.5～2。

2. 有侧刃的沿边 $b_1'=0.75b_1$。

表 4-4　低碳钢冲裁最小沿边与搭边值（单列直排）　　（单位：mm）

材料厚度 t	圆件 $r>2t$ 的圆角		矩形件边长 $L\leqslant 50$		矩形件边长 $L>50$ 或圆角 $r\leqslant 2t$	
	工件间 b	沿边 b_1	工件间 b	沿边 b_1	工件间 b	沿边 b_1
≤0.25	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.0
>0.25～0.5	1.2	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5
>0.5～0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	1.8	2.0
>0.8～1.2	0.8	1.0	1.2	1.5	1.5	1.8
>1.2～1.6	1.0	1.2	1.5	1.8	1.8	2.0
>1.6～2.0	1.2	1.5	1.8	2.5	2.0	2.2
>2.0～2.5	1.5	1.8	2.0	2.2	2.2	2.5
>2.5～3.0	1.8	2.2	2.2	2.5	2.5	2.8
>3.0～3.5	2.2	2.5	2.5	2.8	2.8	3.2
>3.5～4.0	2.5	2.8	2.5	3.2	3.2	3.5
>4.0～5.0	3.0	3.5	3.5	4.0	4.0	4.5
>5.0～12	0.6t	0.7t	0.7t	0.8t	0.8t	0.9t

注：表中搭边值适用于低碳钢，对于其他材料，应将表中数值乘以下列系数：中等硬度的钢，0.9；软黄铜、纯铜，1.2；硬钢，0.8；铝，1.3～1.4；硬黄铜，1～1.1；非金属，1.5～2；硬铝，1～1.2。

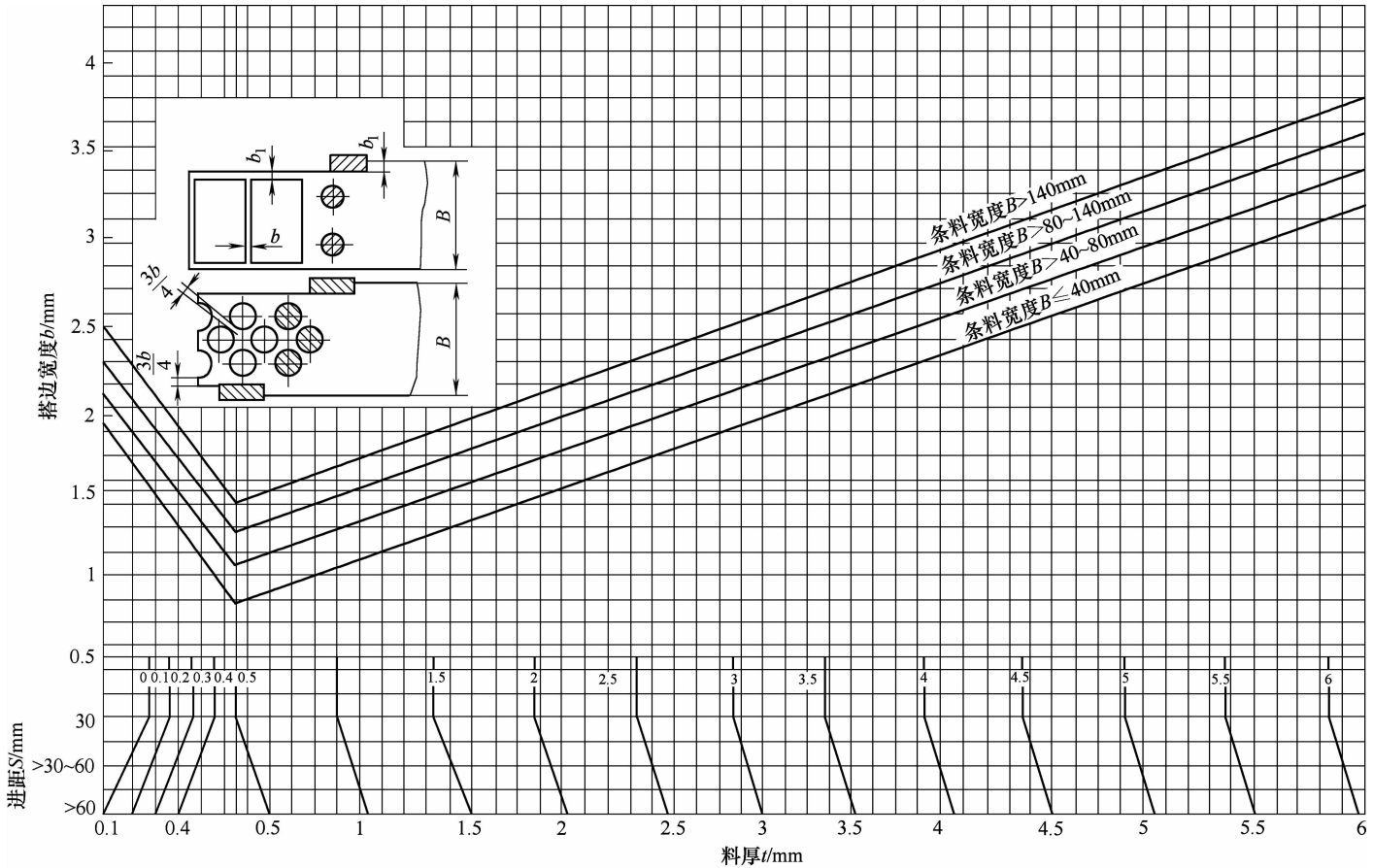


图 4-38　确定冲压件排样合适搭边值的列线图

注：1. 冲压件为镍、纯铜、锡、纯铝等材料时，图算结果乘以系数 1.2。

2. 冲压件为皮革、压纸板、塑料板等材料时，图算结果乘以系数 2。

3. 圆形件参差排样，图算结果乘以系数 0.75。

4. 金属冲压件反身冲裁，图算结果乘以系数 1.5。

5. 当冲压件料厚 $t<0.4$mm 时，取 $b_1=1.2b$；当 $t>0.4$mm 时，取 $b_1=b$。

迄今为止，相专资料上给定的搭边与沿边宽度值大多来自国外资料，现场使用总是偏小。原因是现场的原材料类型、送料方式、使用模具类型与冲压设备技术状态及动态精度等，都有别于制定搭边与沿边值表格时的条件。目前国内大量的中小型企业、民营与乡镇企业使用板材条料多，手工送料多，使用无导向敞开式冲模及无导柱模架固定卸料结构模具多。考虑到冲压设备技术状态及动态精度不高、操作工人技术水平普遍不高且差异较大等实际情况，只能用更宽大的搭边与沿边值给予补偿，防止搭边、沿边过小，出现卡模、拉断搭边框，影响冲压工作正常进行。根据实际情况推荐用图 4-38 图算搭边宽度值。该图把沿边 b_1、搭边 b 以及侧刀切边宽度 b_1 三者统一为 b 值进行图算。对于不同冲压件材料，在不同情况下，再将图算结果乘以不同的系数调整，十分方便。多年实践经验证明，其图算结果较适合国情并接近实际，尤其是对连续冲压的多工位连续模更合适。

4.7.2　载体的类型及设计

1. 载体及其功能

在多工位连续冲压中，经常采用拼切组合排样、裁沿边排样裁搭边排样，将排样图中所示的沿边、搭边及结构废料，分工位逐渐冲去，将冲压件留在材料上，用送进材料携带冲压件依次至各工位进行冲压加工，直到最后工位，将成品冲压件从材料上落料分离出来。一般精度的多工位连续冲压件，采用裁搭边排样和沿边与搭边组合冲切排样时，连续冲压各工位材料（工件）的送进，都采用送料携带法，依靠工件与材料连接预留、在最后工位才切断的小部分搭边、沿边作为携带工件的纽带，与搭边框一起承担支承和携带工件的任务。就多工位连续冲压而言，绝大多数的冲压件都要采用有沿边、有搭边的不同排样形式，进行有废料冲压。而沿边与搭边的作用，除了补偿和调整送料误差之外，携带工件送进便是其另一项重要功能。

应该指出，在用多工位连续模冲制薄料和超薄料冲压件、薄料大尺寸冲压件，以及表针类、集成电路引线类薄料与超薄料细长冲压件时，冲压件本身薄弱、刚度小、强度低、易扭曲、易拉弯变形和断裂。在冲制高精度冲压件时，多数要在沿边和搭边上按工位加工艺定位孔并配导正销，加大沿边或搭边给出足够的位置，提高搭边和沿边的刚度和强度，承受送料推力，平稳携带工件送进，不使工件变形。这种加大后的沿边、搭边即所谓载体。因为载体占据沿边和（或）中间搭边的位置，故载体相应位置沿边与搭边的功能自然由载体承担。而载体必须有足够的刚度和强度，能够毫无损伤地携带材料上的工件，平稳地送进到后续工位。因此，载体尺寸要比沿边、搭边大得多，要因件而异进行设计。

2. 载体的类型及应用实例

设计载体形状时，应考虑冲压件的形状、立体成形冲压件展开平毛坯的形状、料厚及冲压工艺工步的要求。根据载体所设置的位置不同，载体有以下几类：

（1）单侧载体　在入模带料的一侧设置载体，携带工件送进。导正工艺定位孔多设在单侧载体上。图 4-39、图 4-40 所示为设置载体的排样实例。

由于单侧载体设在带料一侧，难以保证对应一侧也平稳运作、不发生肉眼难识的微小变形，其送料进距精度不如双侧载体高，所以单侧载体适用于要求送料进距精度不太高的冲压件排样。如果冲压件细长，为不因工件刚度小在送进时变形，可在远离单侧载体的冲裁件中部预留小搭边连接，支承冲压件稳定并加大载体强度和稳定性。这部分连接搭边称为桥接载体。

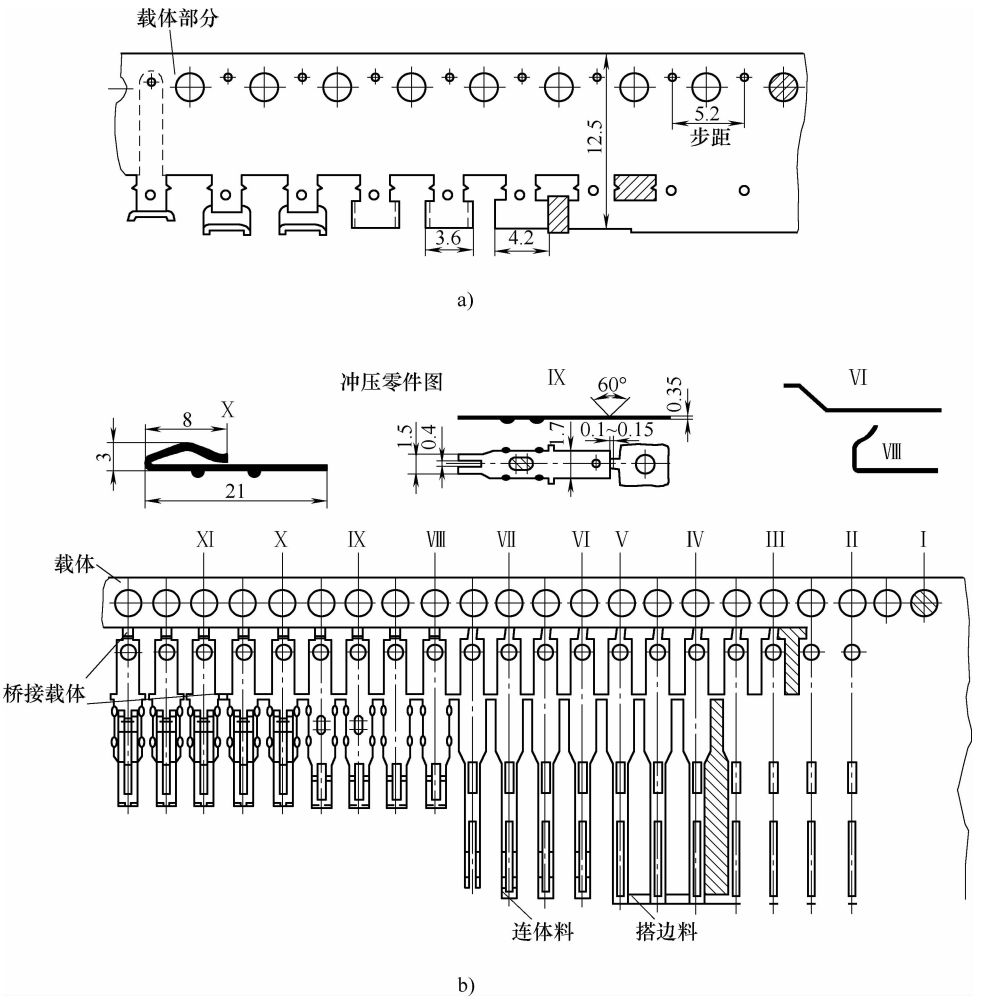


图 4-39　设置单侧载体排样实例

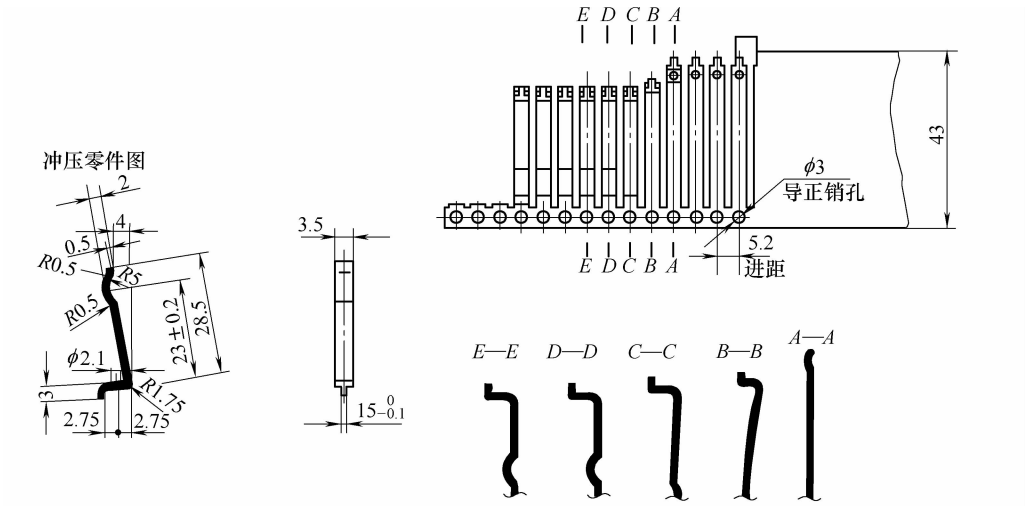
a）单侧载体排样图　b）接插簧片排样实例

Ⅰ—冲导正孔　Ⅱ—冲圆孔和槽孔　Ⅲ—冲丁字形槽孔　Ⅳ—冲长槽孔　Ⅴ—切搭边料

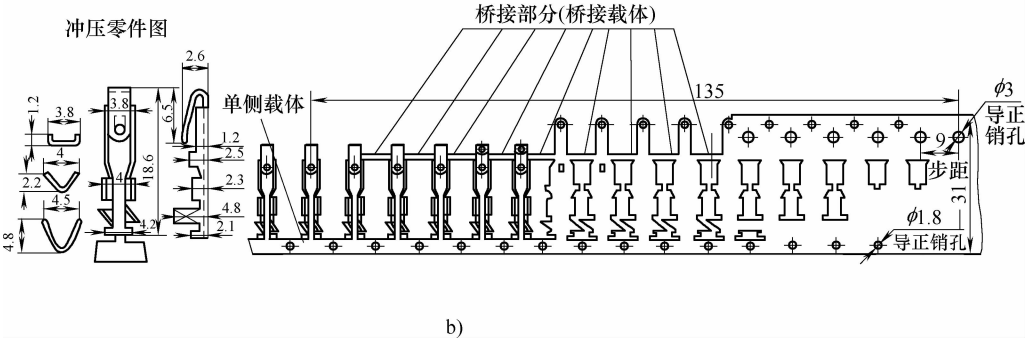
Ⅵ—首次弯曲　Ⅶ—切连体料　Ⅷ—二次弯曲　Ⅸ—冲长圆孔、压肋、压搭口 60°槽

Ⅹ—压弯成形　Ⅺ—切加强搭扣

（2）双侧载体　在入模带料的两侧设置载体，携带工件送进，至最后工位切断分离。这种载体类型适于薄料、超薄料的高精度、复杂形状、特别精细的冲裁件、成形件冲压。由于双侧载体可在各工位两边对称位置设工艺定位孔，对高速送进、导正、定位等具有很好的作用。双侧载体有等宽和不等宽两种：等宽载体送进精度更高；不等宽载体相对省料。图 4-41 所示为双侧载体排样及实例。



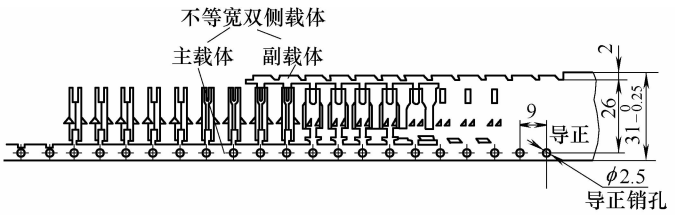
a)



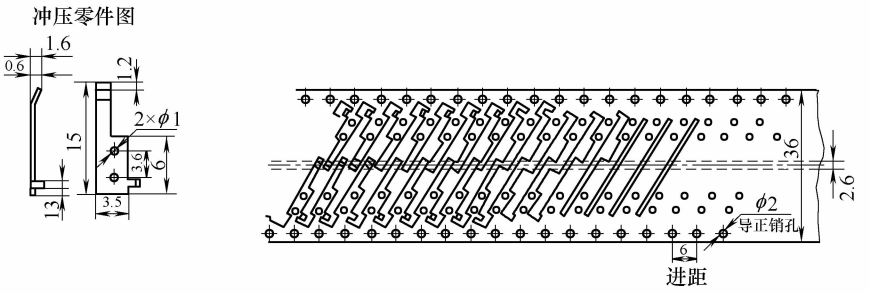
b)

图 4-40　设置单侧载体及其配用桥接载体的排样实例

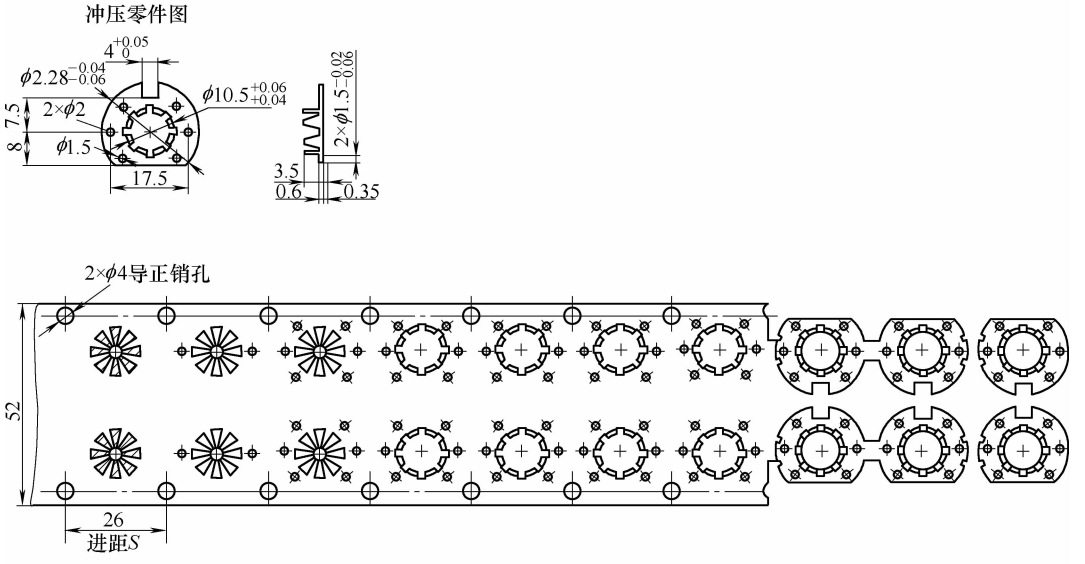
a）接触簧片排样图　b）连接弹性端子排样图



a)



b)



c)

图 4-41　双侧载体排样及实例

a）不等宽双侧载体排样图　b）转换用接触弹簧片排样图　c）棘爪板排样图

（3）中间载体　在入模带料的中间设置载体，携带工件送进。一般适用于双列并排对称排样的冲压件，尤其是单角弯曲件组合对称冲制，可采用中间载体。图 4-42 所示为中间载体排样及实例。图 4-43 所示为利用冲压件形状设计中间载体实例。

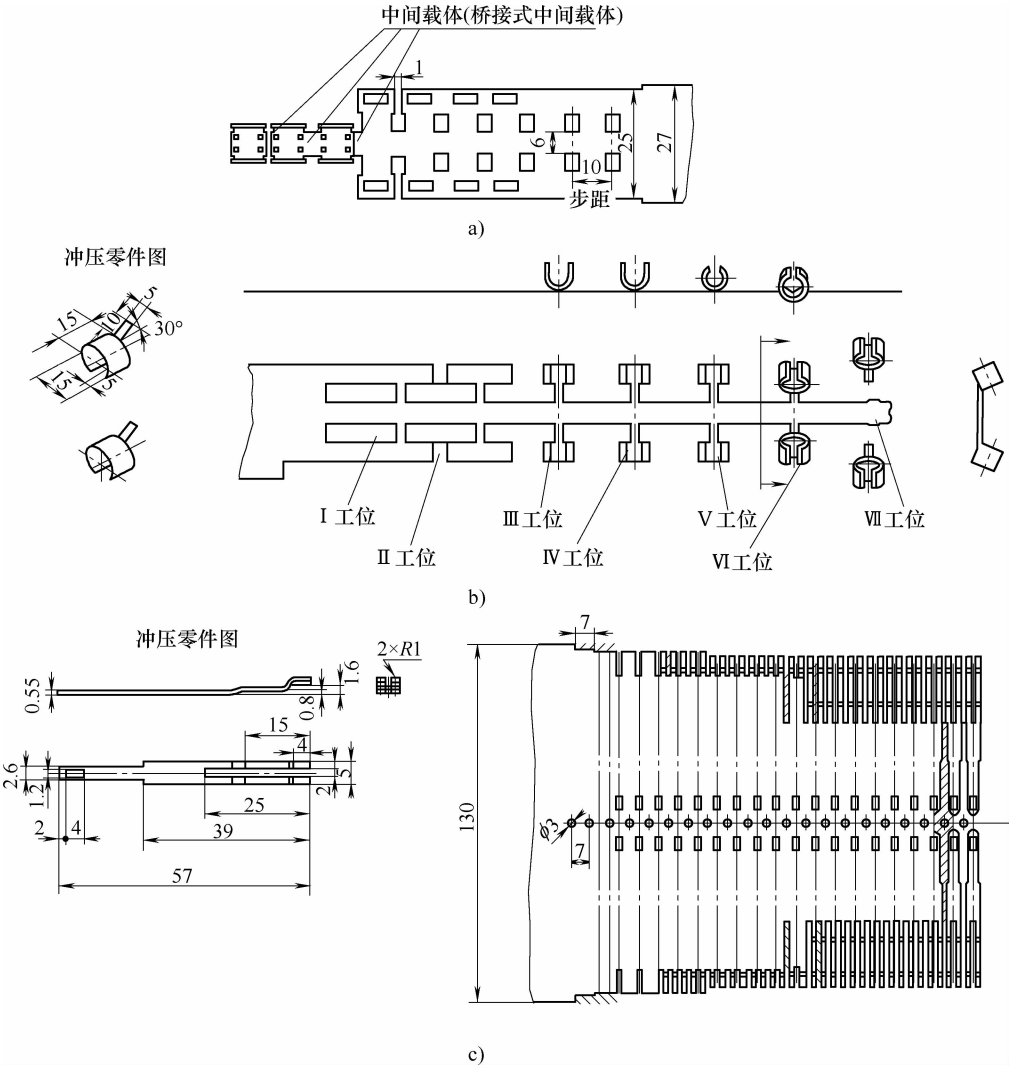


图 4-42　中间载体排样及实例

a）中间载体排样　b）卡环中间载体对称并列排样　c）弹簧片排样

（4）搭边载体　多工位连续冲压绝大多数冲压件都采用有沿边、有搭边排样。冲压过程中，沿边与搭边及两者构成的搭边框就承担着携带工件送进的任务。比较典型的是一些工位数不多、精度一般的连续冲裁件、立体成形件一模成形用多工位连续模冲制，以及多数旋转体拉深件的整带料和有工艺切口的连续拉深等。有的冲压件精度高，对送料进距精度要求高，故有些搭边载体在沿边上加设工艺定位孔配导正销对送料的进距进行精确定位，如图 4-44 所示。

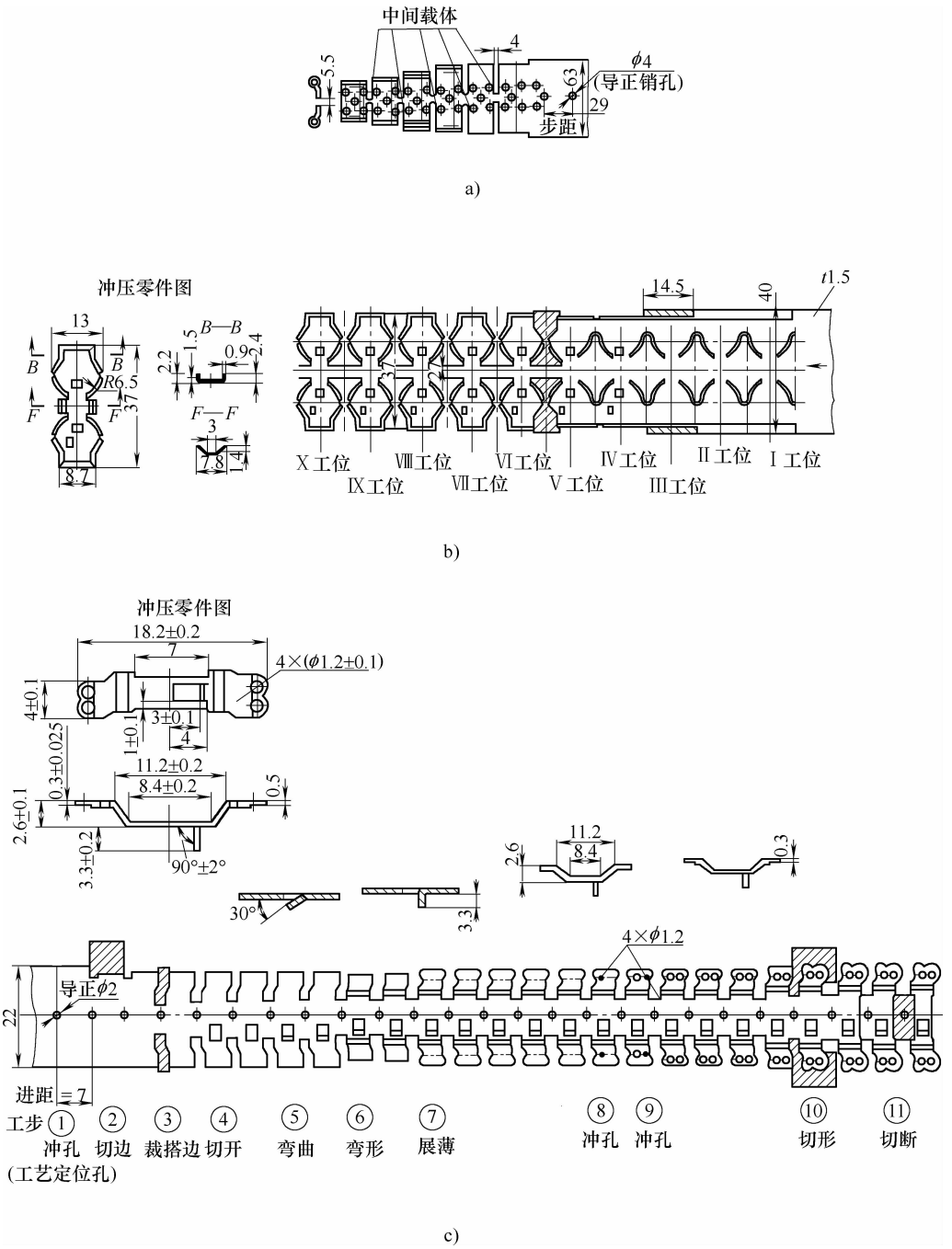


图 4-43　利用冲压件形状设计中间载体实例

a）不对称零件用中间载体双列排样　b）拉链盒排样　c）支架排样

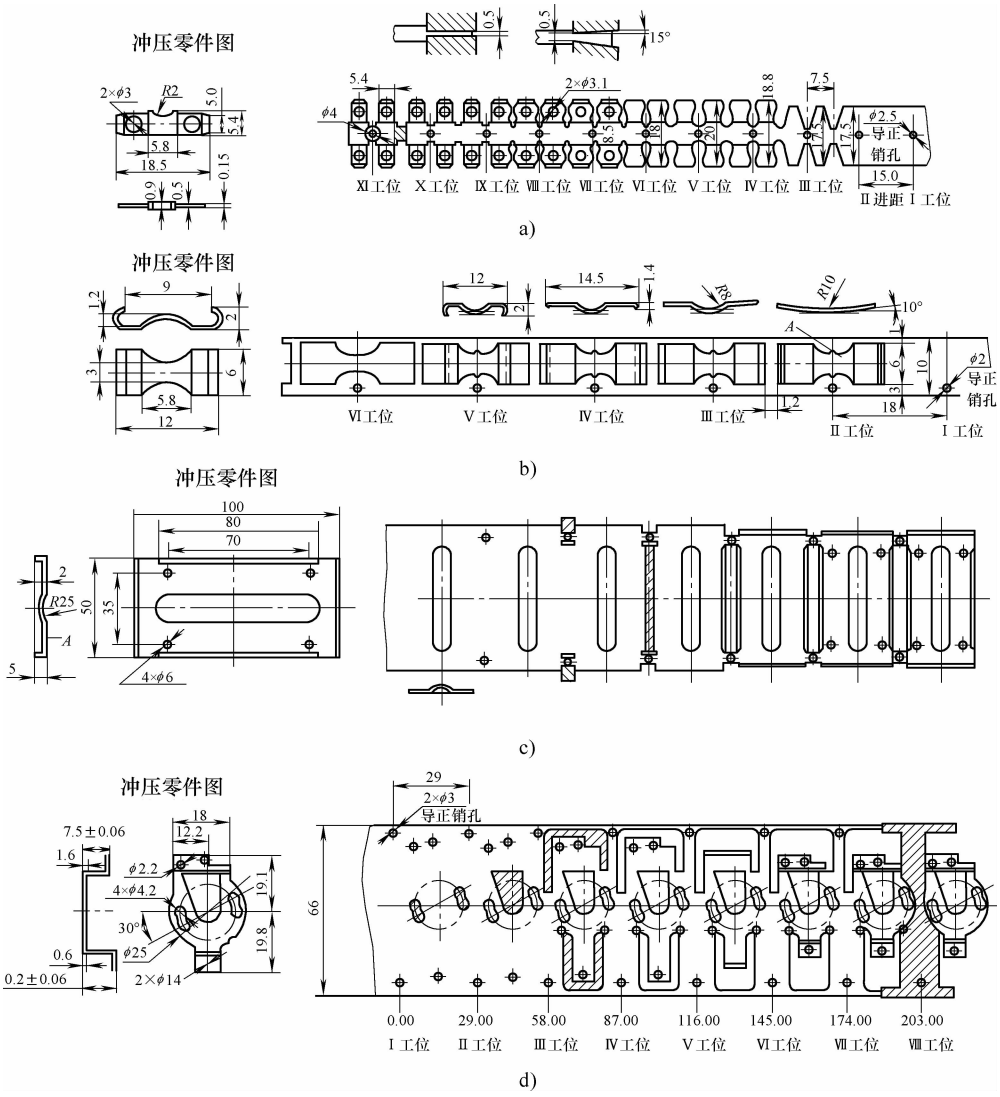


图 4-44　采用搭边载体的冲压件排样实例

3. 载体的设置与设计

在多工位连续冲压中，虽然采用载体增加了材料消耗，提高了冲压件的生产成本，但迄今为止还没有任何一种加工工艺，可以取代冲压而成批和大量生产各种规格的集成电路引线框、电机转子和定子硅钢片、多根栅丝的平板栅极、蒸发器翅片等各种薄料、超薄料冲压件。采用现代冲压技术，用多工位连续模冲制上述板料轻型结构零件，能够实现优质高产。但对于一些精度要求特高、结构复杂、需要冲压工位多、料薄而又细长的冲压件，往往需要设置载体，才能顺利实施多工位连续冲压。推荐设置载体的具体条件如下：

1）当冲裁件的尺寸精度要求达 IT10 或高于 IT10 时，按冲裁件及立体成形件展开平毛坯的形状确定是否设置载体见表 4-5。

表 4-5 按冲裁件的形状确定是否设置载体

序号	冲裁件的形状	可设可不设载体	应该设载体	必须设载体
1	圆形、类圆形、正多边形	$t<0.5$mm，直径 $d>50$mm	—	—
2	方形、矩形、梯形、菱形	—	有群孔、槽，有切口、凹口	当要求送进距极限偏差小于 ±0.15mm 时
3	三角形、半圆形、弓形、球缺形	—	应该设置	—
4	十字形、丁字形、L 形、山字形、工字形、Π 形	—	—	无论采用何种排样形式都必须设置
5	任意多边形、表针形、窄悬臂形、窄悬臂栅栏形、片齿与齿条形	—	—	一般都必须设置

2）按冲压件材料力学性能及结构尺寸确定是否设置载体见表 4-6。

表 4-6 按冲压件材料力学性能及结构尺寸确定是否设置载体

序号	设置载体指数	可设可不设载体	应该设载体	必须设载体
1	冲压材料抗拉强度 R_m/MPa	≥560	≤400	≤250
2	冲压材料厚度 t/mm	0.5	0.3	0.2
3	冲压件长宽比	3	4	5
4	冲压件长度 L/mm	15	30	≥50

3）按冲压件尺寸精度及送料进距极限偏差确定是否设置载体见表 4-7。

表 4-7 按冲压件精度及其送料进距极限偏差确定是否设置载体

序号	尺寸精度	可设可不设载体	应该设置载体	必须设置载体
1	冲压件尺寸精度	IT10	IT9	<IT8
2	送料进距极限偏差/mm	> ±0.1	< ±0.1	< ±（0.002 ~ 0.05）mm
3	工位数	≤4	>5	≥10
4	带料料宽 B/mm	<20	>40	>60

以上确定设置载体的条件要综合应用。其总的原则是：当搭边、沿边宽度值达到（10 ~ 15）$t\approx3$mm 时，承担携带工件送进仍显薄弱，或送料进距精度低达不到要求，需要设置载体，还要在载体上加工艺定位孔，并可按表 4-8 选择载体类型。

表 4-8 载体类型及其选用

序号	选用项目及参数		载体类型			
			单侧载体	双侧载体	中间载体	搭边载体
1	推荐适用冲压件料厚 t		>0.5	≤0.2	>0.2 ~ 0.5	>0.2
2	推荐合适工位数		<15	任意	>15	<10 ~ 15
3	推荐送料进距 S		<30 ~ 50	任意	<50	<30
4	适合有沿边、有搭边排样形式	可行	单列、双列直排	任意	并列对排	任意
		推荐	单列直排	单列直排、双列对排	双列对称排	单列直排
5	可达到冲压件尺寸精度	一般精度	IT8	IT7	IT8	IT9
		更高精度	IT7	IT6	IT7	IT8
6	可达到送料进距精度	一般精度	±（0.025 ~ 0.015）	±（0.003 ~ 0.010）	±（0.020 ~ ±0.010）	±0.05
		更高精度	±0.010	±（0.003 ~ 0.005）	±0.001	±0.03
7	适合送料	手工送料	不推荐	不推荐	可手工，亦可自动	可手工，亦可自动
		冲模驱动的自动送料	可	可	可	可

（续）

序号	选用项目及参数		载体类型			
			单侧载体	双侧载体	中间载体	搭边载体
7	适合送料	压力机配备送料装置的自动送料	合适	合适	可	可
8	推荐冲压速度/(r/min)		≤400	≤600	≤400	≤200

4.7.3　设计多工位连续式复合模的注意事项

由于多工位连续式复合模的工作条件远比单工序冲模、复合模恶劣得多，经常在满载情况下连班运作，不间断冲压。设计这类冲模应特别注意以下几点：

1）冲压设备的完好情况及技术状态。不得使用超期服役设备和带病运转设备、技术状态不良和待检修压力机。

2）冲压用原材料种类、牌号、主要力学性能、材料入厂检验报告。察看材料现货表面质量，确定其前处理与润滑的必要性。

3）多工位连续模的结构设计应尽量提高其机械化与自动化水平，考虑设置专用或通用自动送料装置。

4）设置人身安全防护装置，确保操作安全。

除各类平板冲裁件采用多工位连续冲裁模或多工位连续式复合冲裁模冲制外，任意形状立体成形件要用多工位连续模一模成形冲制，也必须用多个冲裁工位实施立体成形件的展开平毛坯的冲制工作。多数情况下，分工步、多工位逐步冲切展开平毛坯，待冲压成形后，安排在最后工位将成品立体成形件从原材料上切断落料分离出模。有些立体成形件的多工位连续模，为成形方便或结构设计需要，在开始的几个工位先冲孔、落料获取展开平毛坯再冲压成形。但无论采用上述哪种形式，冲裁工位都是任意立体成形件一模成形的多工位连续模所必须设置的，而且多数情况下，都在2～3工位以上。由于这些冲裁工位是从原材料上冲裁分离出展开平毛坯，故其尺寸精度往往决定了立体成形件的线性尺寸精度。这一点与纯冲裁多工位连续冲裁模和多工位连续式复合冲裁模的工艺技术功能是完全一致的。因此，在立体成形冲压件一模成形的多工位连续模（通称多工位连续式复合模）中，冲裁工位无论多少，都占据主导地位；而成形工位除连续拉深外，往往较少，都置于最后分离工位之前，对整个连续模的整体结构形式影响不大。故多工位连续冲裁模的结构形式在所有多工位连续模中具有典型性。

多工位连续模的结构设计与制造的主要依据是冲压零件图和多工位连续冲压工艺及其排样图。因此，多工位连续冲压的工艺方案及其排样图设计，不仅是多工位连续模结构设计的依据，也是其整个设计过程的主要阶段与组成部分。

多工位连续冲压排样图，应详尽地表示出连续冲压的工艺过程、工位排布、各工位冲压作业方式和变形尺寸及形状、送料进距、空挡工位及总的冲压工步数量和工位数量、搭边与沿边尺寸、节制进料与定位方式等内容。为了满足连续冲压的工艺要求，多工位连续冲压排样方式、工位间送进方式都具有与单工位冲压完全不同的特征，但都具有一定的规律性。毫无疑问，不同的排样方式和不同的工位间进给方式对多工位连续模的结构设计具有决定性影响。

第 5 章　单工序弯曲模与多工位连续弯曲成形模的结构设计

板料弯曲件在生产现场按其尺寸大小、产量多少及其复杂程度，经常使用板料折边机、板料折弯压力机、专用弯曲机与卷板机、普通压力机，配专用弯曲件用冲模或通用万能弯曲模进行生产。开关板、控制柜、表盘、操纵台、箱、柜等大型板料弯曲件，多用板料折边机、板料折弯机，甚至专用成形卷板机，进行成批与大量生产；适于大量生产的弯曲机可以用线材与带料弯制工艺性好、形状结构适合的小型弯曲件，模具结构与普通全钢冲模有别，机床动作靠凸轮控制，调整技术要求高，费时，适于专用零件的大量生产；一般机电与家电产品成批与大量生产的中小型板料弯曲件，绝大多数用普通全钢的单工序弯曲模、多工位连续弯曲成形模，在普通压力机上生产。

本章介绍冲制中小型板料弯曲件用的普通全钢各类单工序弯曲模及多工位连续弯曲成形模。

1. 单工序弯曲模

用已落料成形的毛坯或冲压半成品、预弯坯件，仅进行一次性弯曲冲压加工。弯曲零件可以是单角 V 形或 U 形，甚至是不同弯边长度的多角弯曲件，也可以是偏圆、半圆、圆弧或正圆弯曲件，以及其他任意形状的弯曲件，但都是仅在压力机的一次行程中，在同一工位、同一个冲弯成形工步中，完成弯曲成形。其冲模的结构形式随弯曲件的弯曲形状千变万化。

2. 多工位连续弯曲成形模

大多小型弯曲件都具有孔、槽、筋、凸包及轮廓边缘，有各种形状的切口、翻边凸缘、局部扳边、拉深、沉孔，甚至局部光洁冲裁或精冲等，冲制这类弯曲件可用多工位连续式复合模，其工位构成，除必备的各种分离冲裁工位外，还有一个或几个上述各种成形工艺作业的变形工位。这种连续式复合模结构类型很多，设计与制造难度也较大。通常所说的复杂形状板料冲压零件，用连续式复合模一模成形，除数量有限的连续拉深件之外，大多是各种类型的弯曲件及含有其他成形作业的复杂形状弯曲件。因此，在多工位连续式复合模中，多工位连续式弯曲成形复合模居多。

5.1　单工序弯曲模结构类型及设计

5.1.1　板料弯曲件的类型

常见板料弯曲件的基本形状见图 5-1。分析由板、条、带、卷料冲制的中小型板料弯曲件，尽管其弯曲形状各异，复杂程度差别很大，但其构成仍有一定的规律性，尤其弯曲部位，都是由一些相同的几何要素组成的。只是因为弯边长短、弯角大小及数量与外形不同，以及弯边上具有不同形状的孔、凸台或凹口等冲裁部分与沉孔、翻边、压筋、压印、压凸、压窝甚至拉深等成形作业部分，使其变得复杂，冲压难度增大。如果按其结构外形及工艺作

业性质给予分解，其类型如下：

1）由≤90°、>90°弯曲角构成的单角 V 形、L 形弯曲件。

2）由两个上述三种弯曲角度构成的对称与不对称的⊔形、⩀形、∪形的双角弯曲件、多角多向弯曲件。

3）由圆、圆弧构成的弯圆、卷圆及卷边件。

4）由上述各种单一结构要素分别组合构成的，具有不同形状弯角和圆弧并带孔、凸台、沉孔、压印等冲裁与成形作业部分的复杂形状的开式和闭式结构弯曲件。

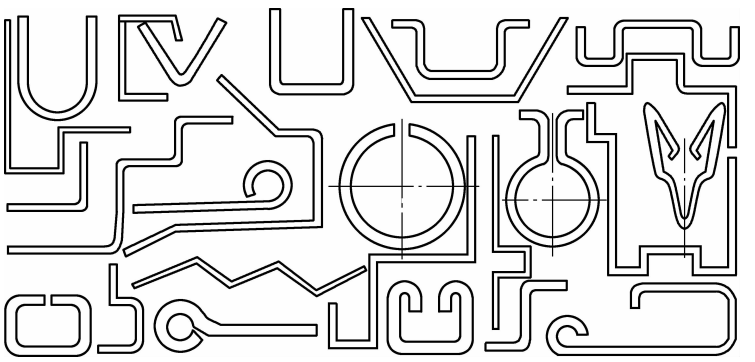


图 5-1　常见板料弯曲件的基本形状

5.1.2　传统的板料弯曲件冲压工艺

由于板料在弯曲过程中的回弹及弯边长度的波动，影响因素很多，很难准确掌握。当冲制精度较高的弯曲件时，在现场总是根据试模结果修正弯曲模，以达到消减回弹、补偿弯边长度波动的误差，获取较高精度的弯曲件。因为每批材料力学性能都有差别，板料质量，特别是表面质量，与其料厚偏差都有差异，故每批材料都要在试模即试弯冲压后，才能投产，以防弯曲件的回弹及尺寸超差。因此，长期以来，板料弯曲件都采用分序多模冲制的传统冲压工艺，即展开平毛坯由专用落料模，用板裁条料或带料冲出，弯曲由单工序弯曲模完成，而且多数是一个弯角用一套简单的弯曲模。弯曲件上有内孔、凹口或凸台等冲裁作业，也有用连续冲裁或复合冲裁模，在冲展开平毛坯时完成，但包括压花、沉孔、压筋、翻边等成形作业，多数用单工序成形冲模加工。一种弯曲件往往要用几套冲模冲制。这种老工艺的致命缺陷是：工序多、工艺路线长，使用冲模数量至少在两套以上；冲制工件重复入模定位，冲件精度低、互换性差；耗用工（台）时多，生产效率低。更主要的是操作危险性大，使用单工序冲模，特别是弯曲模，多为敞开式。弯曲毛坯入模大都为手工送料，易诱发压手断指人身伤害事故。

用传统工艺冲制板料弯曲件，也有以下优点：

1）使用模具结构简单，在小批量生产中，投产快、成本低、制修模简便。

2）分序多模冲压所需压力机吨位小，可用较小吨位压力机冲制更大尺寸的弯曲件。

3）工艺及弯曲模结构定型，可以平稳实施，没有技术风险。

由于下列一些原因，单工序弯曲模的应用至今仍十分广泛。

1）弯曲件的结构工艺性不好，不适合或较难使用多工位连续式复合模、单工位综合式

复合模一模成形。比较常见的是弯边长，弯曲角 <90°，弯曲时需要有较大的工作空间；弯曲件的弯曲角难以在冲压方向施力完成；弯曲件有多个不同弯曲方向的弯角；弯曲件的料厚 $t>3$mm，甚至超过 4.75mm；弯曲件的尺寸过大，如展开毛坯尺寸长度 $L_{max}>500$mm。

2）弯曲件展开毛坯形状复杂并有异形群孔、有翻边、沉孔之类的成形作业，用连续冲压一模成形，模具结构过于复杂，技术上没有绝对把握。

3）材料供应渠道不稳定，经常以代用材料或边角余料生产。

4）多工位连续式复合模的设计与制造技术不过硬，缺乏经验。

5.1.3 单工序弯曲模的类型

大多数尺寸精度，特别是弯曲角精度要求不高的弯曲件，都用单工序弯曲模冲制，其中，大多是无导向装置的敞开式冲模；较高精度的弯曲件，多用有导向装置的弯曲模，而且大多用滑动导向导柱模架。但对于单工序弯曲模来说，按弯曲件，主要是弯曲角形状分类，更利于结构选型与设计。

单工序弯曲模可按弯曲形状分类如下：

1）V 形弯曲件用单工序弯曲模。

2）⌊形弯曲件用单工序弯曲模。

3）⌋形弯曲件用单工序弯曲模。

4）乙形弯曲件用单工序弯曲模。

5）圆形弯曲件用单工序弯曲模。

6）卷边与卷圆件用单工序弯曲模。

7）多向弯曲复合形弯曲件用单工序弯曲模。

8）线材弯曲件用单工序弯曲模。

9）型材弯曲件用单工序弯曲模。

10）板料折边机与板料折弯机的弯曲件用弯曲模。

5.1.4 典型结构实例分析及结构设计

1. V 形弯曲件

单角 V 形弯曲件所用单工序弯曲模，根据弯曲件要求精度及外观质量，分为 V 形弯曲件折板式弯曲模和通用 V 形弯曲件弯曲模两种结构形式。

图 5-2 所示为单角 V 形弯曲件折板式弯曲模。该冲模适用于较高精度、等边长与不等边长 V 形弯曲件的弯曲。弯曲角可按需要设计凸模角度及折板垫角。由于弯曲凸模与凹模，在弯曲过程中，始终贴紧弯曲零件表面，故无压痕。该冲模弯曲属于镦压校正弯曲，弯曲零件不仅表面平整，而且回弹小。如果在试弯后按实测回弹量修准弯曲凸模，则可获取更高精度的弯曲件。

如图 5-2 所示，凹模平时在拉簧及弹顶器的作用下，位于水平状态（如图中左半部所示）。工作时，毛坯由定位板定位。凸模下行，使凹模一方面靠凹模座滑动，另一方面绕小轴转动，从而使毛坯压弯成形（如图中右半部所示）。

图 5-3 所示为 V 形弯曲件单工序敞开式通用弯曲模。该型冲模适用于单角 V 形弯曲零件。

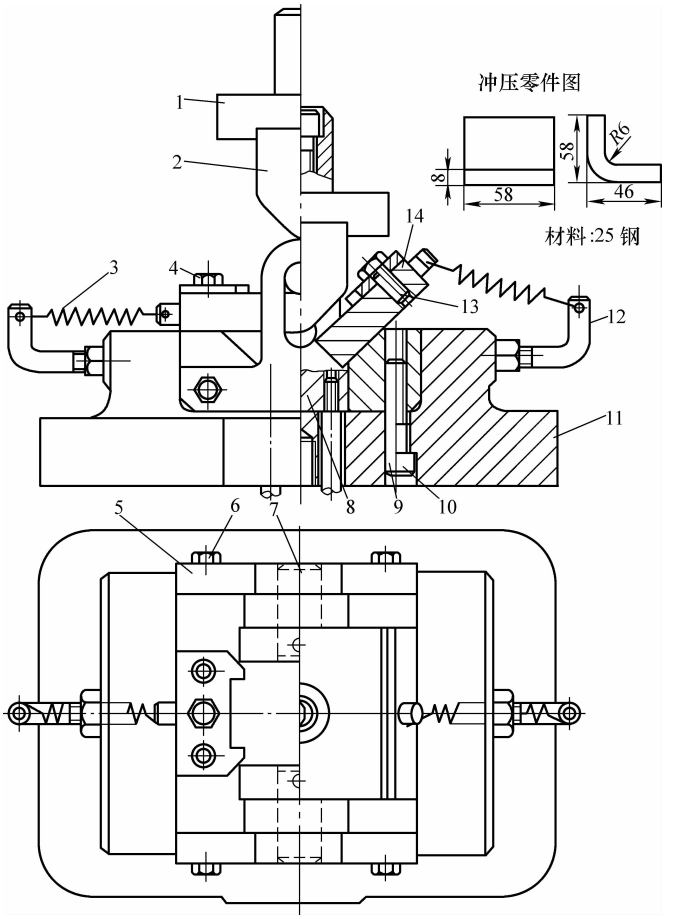


图 5-2　V 形弯曲件折板式弯曲模

1—上模座　2—弯曲凸模　3—拉力弹簧　4、6、10、13—螺钉　5—支承板　7—小轴
8—弹顶器垫板　9—圆柱销　11—下模座　12—支杆　14—折板

凹模 8 由两块组合，每块各有四种长短不同的角度斜面，组成多种尺寸，可根据弯曲零件的边长来选择其中一组。定位板 4、10 可以按工件不同的外形，不同的长短，左右前后调节定位，并可利用刻度控制尺寸。

凸模 3 按弯曲零件常用的几种弯曲半径，制造几个备件，使用时选择一个。这样一副模具，就可以弯曲在一定范围内的大小不同、角度各异的 V 形弯曲件。

将凹模和凸模的夹角改为其他角度和形状，还可弯曲其他形状的工件。

该型冲模对批量小、种类多的零件更为适用。

V 形弯曲件的单工序弯曲模结构设计要点如下：

1）当 V 形弯角为 90°时，如用落料毛坯弯曲，可按下述情况，选用图 5-4a、b 所示两种结构：当两弯边长度相差不大时，推荐选用图 5-4a 所示结构；当两弯边长度相差很大时，推荐选用图 5-4b 所示结构。

无论采用哪种结构，都要设置止退台 5，亦称“靠山”。

止退台高出凹模尺寸 h，可按下式计算：

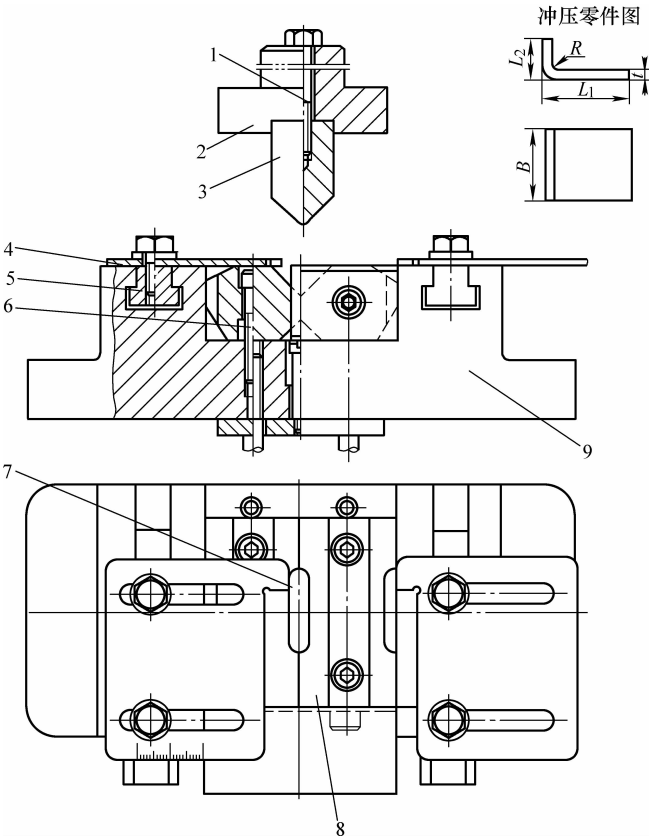


图 5-3　V 形弯曲件通用弯曲模

1—外六角螺钉　2—模柄　3—凸模　4、10—定位板　5—滑块
6—内六角螺钉　7—顶块　8—凹模　9—下模座

$$h = R_0 + R + 1.5t \tag{5-1}$$

式中，R 为弯曲凸模角部圆角半径（mm）；R_0 为弯曲凹模口部圆角半径（mm）；t 为弯曲件料厚（mm）。

2）当 V 形弯曲件的弯曲角不等于 90°时，毛坯又是切断弯曲复合冲压，可参照图 5-4c 所示结构设计。但仍有偏载产生，还要设置止退台。

3）剪截弯曲复合冲压，可采用镶拼刃口，如图 5-4c 所示。

2. ⌴形弯曲件

一般把双角⌴形弯曲件，称为 U 形弯曲件，实际上两者还有些差别。关键在于弯角及其内弯角半径大小，影响回弹量。双角⌴形与 U 形相比，加工难度大，使用也较广。⌴形弯曲件的弯曲模结构，也趋向于专用的与通用的两种结构形式。不过，⌴形弯曲件随着弯曲角度的变化及弯边长度的差异以及弯曲精度要求的不同，结构形式也不断变化。以下介绍几种经过实际生产应用的典型结构，可供设计选用。

（1）具有活动侧压块凹模的⌴形弯曲件单工序弯曲模　图 5-5 所示是一套带活动侧压凹模的⌴形弯曲件弯曲模。活动侧压块对弯曲件有校正作用，回弹小。工作时，凸模下行，首先与毛坯接触弯成⌴形，随之凸模肩部压住活动凹模侧压块向下。由于斜面作用使活动凹模侧压块向中心滑动，对弯曲件两侧施压，起到校正作用。

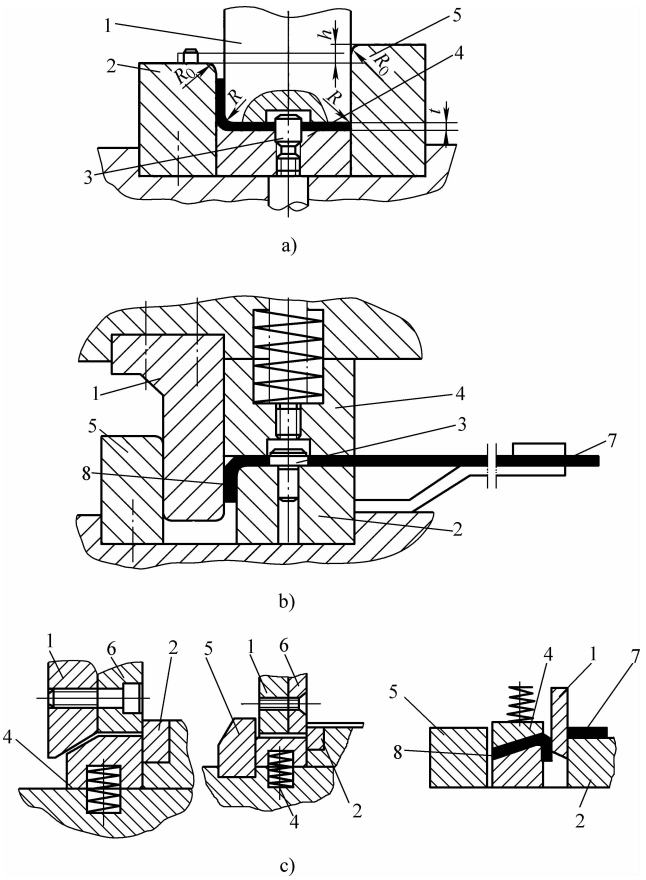


图 5-4　V 形弯曲件弯曲模结构

1—弯曲凸模　2—弯曲凹模　3—定位销　4—弹顶器
5—止退台　6—刃口镶块　7—原材料　8—工件

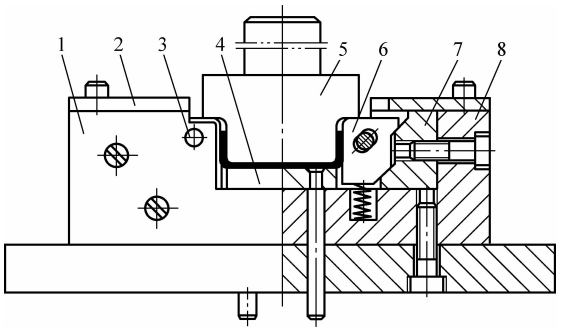


图 5-5　带活动侧压块凹模的⊔形弯曲件弯曲模

1—挡板　2—定位板　3—轴销　4—顶件器　5—凸模　6—活动凹模侧压块
7—凹模斜面垫块　8—凹模框

（2）具有滚动轴式活动凹模的⊿形弯曲件弯曲模　该弯曲模是冲制小于 90°的⊿形弯曲件弯曲模，见图 5-6，此种结构也适用于弯圆环、封闭式圆弧及平底对称闭口形弯曲件。

冲制时，毛坯放在凹模座 12 的槽内，两端由定位板 10 调整定位。凸模 9 下降时，导正

销 6 套在工件孔内，凸模 9 继续下降时与凹模座 12 作用压弯毛坯，先行弯曲成 90°。再继续下降时，接触到滚轴凹模 11，使其转动与凸模 9 吻合，将零件弯曲成形。凸模 9 上升时，由于拉力弹簧 2 的作用，使凹模 11 回复原状，此时可将零件取出。

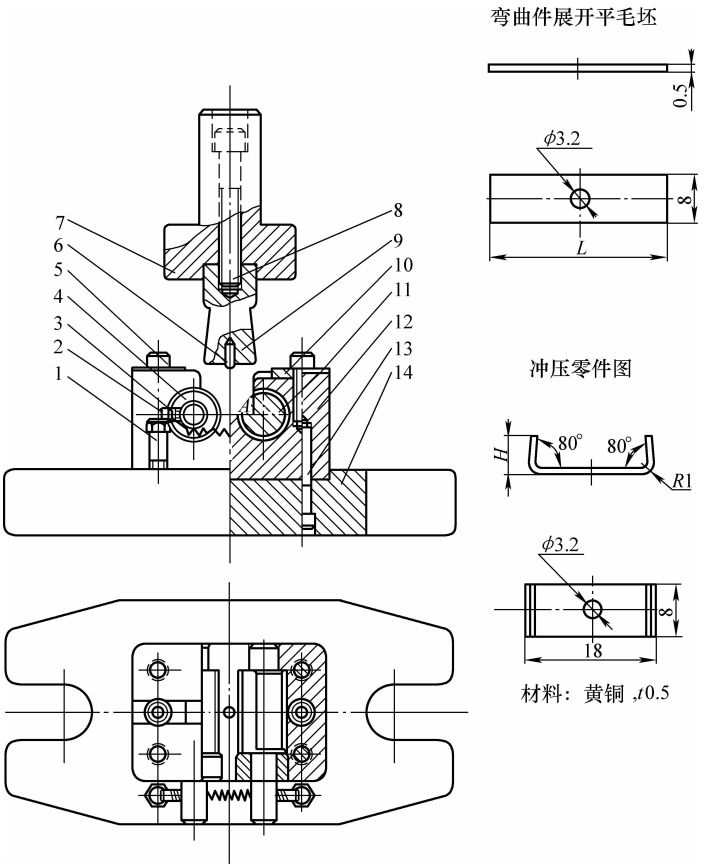


图 5-6　具有滚动轴式凹模的⅄形弯曲件弯曲模

1—六角螺钉　2—拉力弹簧　3—定位钉　4—轴套　5、8、13—内六角螺钉　6—导正销　7—模柄　9—凸模　10—定位板　11—凹模　12—凹模座　14—下模座

（3）⌴形弯曲件半自动弯曲模　单工序弯曲模多为敞开式、无导向的，不仅冲压精度低，操作都为手工送料入模，故操作危险性大。图 5-7 所示⌴形件半自动弯曲模，在上述两方面都有改进。

该冲模为小型⌴形弯曲件半自动弯曲模。

凹模 8 是可移动的，毛坯以活动的定位销 18 和定位板 27 定位。当压力机滑块下降时，斜楔 9 借斜面使凹模 8 移动，推料板 7 也随之在顶板 6 上移动。当继续下降时，凸模 16 压下推料板，与凹模一起进行工作。

当滑块上升时，斜楔 9 使凹模 8 与推料板 7 一起移动，顶板 6 借缓冲器把推料板 7 和工件从凹模孔内推出，然后取出工件。

由于放置毛坯和取出工件是在非工作位置进行，所以保证了操作安全，同时凹模的移动是由模具操纵，使操作过程简单，提高了工作效率。

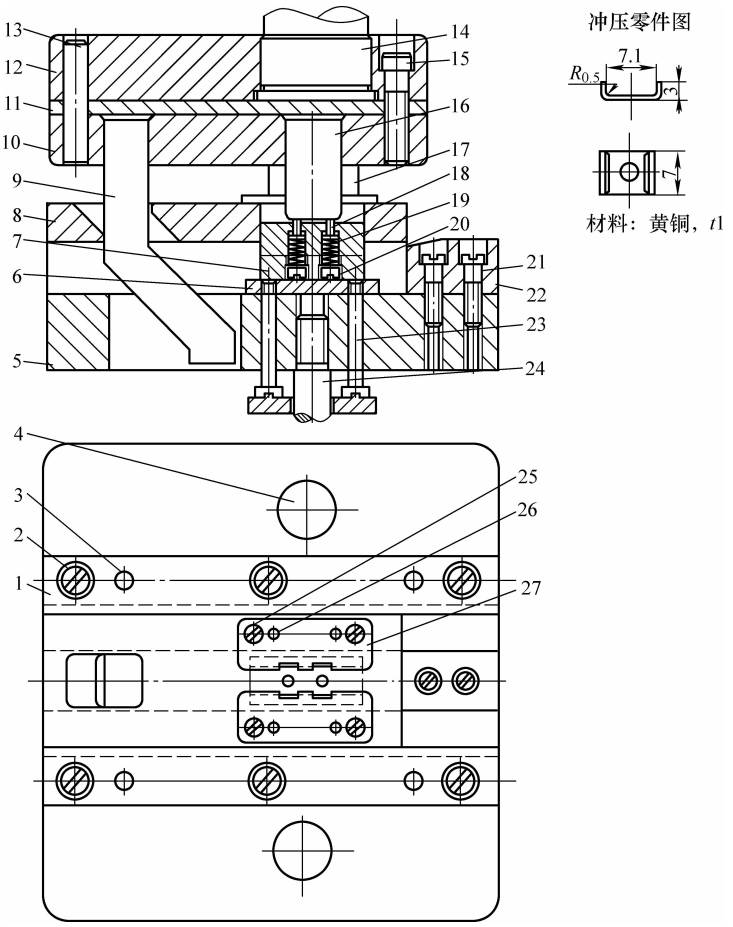


图 5-7　⌊形件半自动弯曲模

1—导板　2、21、25—圆柱头螺钉　3、12、26—圆柱销　4—导柱　5—下模座　6—顶板　7—推料板　8—凹模　9—斜楔　10—凸模固定板　11—垫板　13—上模座　14—模柄　15—内六角螺钉　16—凸模　17—导套　18—定位销　19—弹簧　20—螺塞　22—支块　23—卸料螺钉　24—缓冲器　27—定位板

（4）⌊形弯曲件通用弯曲模　⌊形与 U 形弯曲件，可以用同一结构的通用弯曲模。但凸模结构与形状有所区别。图 5-8 所示为⌊形弯曲件通用模的结构形式，可以用于多种类⌊形弯曲件的冲制。

该冲模是用于弯曲⌊形、U 形及类似这两种弯曲件的通用结构形式。

采用该冲模弯曲⌊形工件，仅需设计、制造推件块 7、凹模 8、定位板 6 和凸模 4，其他部分都是通用的，并且有三种不同的尺寸。根据工件不同的尺寸选择不同尺寸的模座及模柄。凹模用压板 9 紧固在模座上。凸模用紧固螺钉 3 紧固在通用模柄 1 上。

3. ⊔形弯曲件

（1）常用弯曲模结构形式　在生产现场使用的⊔形弯曲件弯曲模中，专用冲模较多，而且结构形式也五花八门，使用较多的弯曲工艺及其弯曲模结构形式，如图 5-9 所示。

1）分序多模弯曲成形。采用两套弯曲模，分两次弯曲，见图 5-9a。先用一套弯曲模，将毛坯弯成⊓形，而后用第二套弯曲模再弯曲成⊔形。

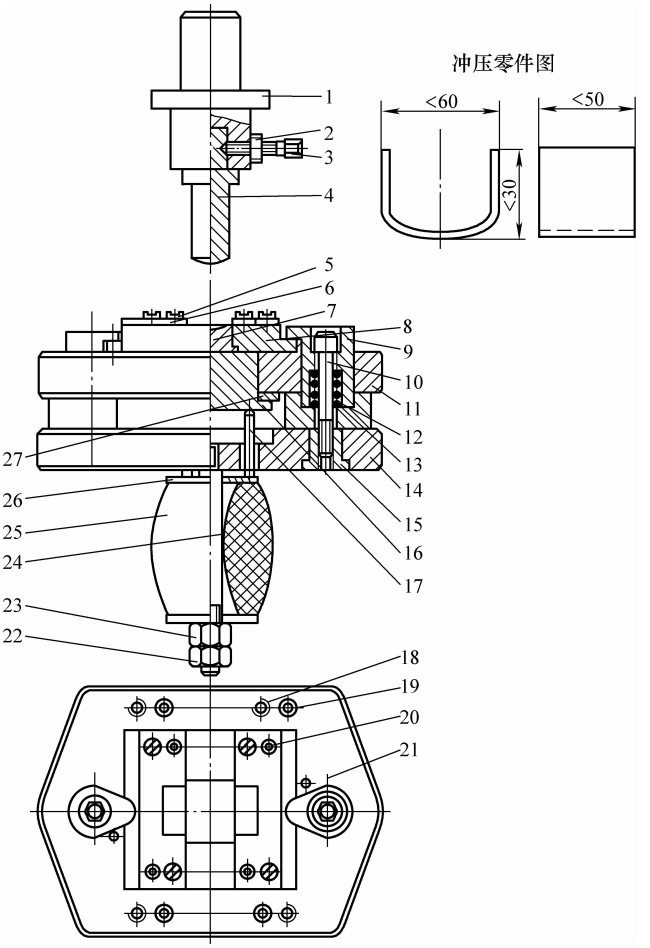


图 5-8　⌊⌋形弯曲件通用弯曲模

1—模柄　2、22、23—六角螺母　3—紧固螺钉　4—凸模　5—圆柱头螺钉　6—定位板
7、16—推件块　8—凹模　9—压板　10、18—内六角螺钉　11—上模板　12—弹簧
13、27—垫板　14—下模板　15—圆形螺母　17、19、20—圆柱销
21—定位螺钉　24—螺杆　25—卸料橡胶　26—垫圈

2）一次弯曲成形。采用带肩的台阶式弯曲凸模，将放在凹模表面凹口中间的毛坯一次压弯成⌊⌋形，见图 5-9b。对于这种弯曲模，当⌊⌋形弯曲件凸起高度或两平边尺寸稍大一点时，弯曲材料变形及向模内流动，都会因凸模下行，凸肩接近凹模表面而受到影响。

3）摆动块活动弯曲凹模弯曲成形。图 5-9c 所示为摆动式凹模结构。由两片带弯曲模型腔的摆动块构成的两凹模，可绕轴销转动。平时由弹顶器通过顶杆将它顶起，凸模下行，将凹模压下与底板刚性接触，使弯曲件成形。这种弯曲模实施的是镦压校正弯曲，故其弯曲件回弹小。

4）复合弯曲成形。这种弯⌊⌋形弯曲件的弯曲模结构，实际上是将图 5-9a 所示的二次弯曲法在一套弯曲模上实施。

图 5-9d 所示是一种复合结构。凸凹模下行，先使毛坯通过固定凹模，弯成⌊⌋形，凸凹模继续下行与活动凸模作用，最后压弯成⌊⌋形。

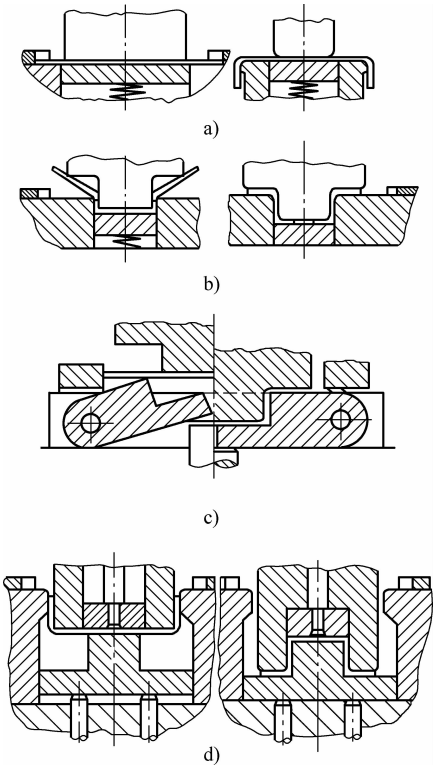


图 5-9　⊔形弯曲件弯曲工艺及其弯曲模结构形式

（2）典型实例　生产实际中遇到的⊔形弯曲件，就其形状而言，总是有些变异。常见的变异情况是各弯角边长度不等、不对称，两个外 90°弯角的外边上经常有孔、凸台，各弯角边不等宽，有的弯角边带有凸耳、支臂甚至另伸出弯角等。当这些变异情况不至于改变⊔形弯曲件的弯曲变形过程及其弯曲模主体结构时，仍将其按⊔形弯曲件归类、处理，并相应考虑其弯曲模结构设计。以下为两种⊔形弯曲件弯曲模的典型结构实例。

1）连接板具有摆动块活动凹模的弯曲模（见图 5-10）。这类弯曲模无导向装置，属于敞开式冲模。其冲弯成形的平毛坯，是由专用落料模或冲孔落料连续模、复合冲裁模提供的。该冲模靠定位板、导正销构成的定位系统，对入模平毛坯定位，并借毛坯中心孔，用装在弯曲凸模顶端的导正销校准毛坯放置位置偏差后弯曲成形。由于该弯曲件展开平毛坯是一个对称的工字形，用固定板定位效果良好。弯曲件的形状，尤其是高度不大的凸起与宽大的平凸缘，非常适合采用摆动块活动凹模进行弯曲成形。弯曲凸模与匹配凹模是刚性镦压弯曲，对弯曲件有很好的校形作用，回弹小。

2）支架弯曲件具有圆脚摆动块活动凹模的弯曲模。对于高度大，而两外角外弯边较小的⊔形弯曲件，采用图 5-11 所示的支架弯曲件弯曲模结构，更适宜。该结构虽较简单，但在实际使用中效果很好。

该冲模工作过程：当上模下行工作时，首先将毛坯压紧后先弯曲成⊔形。而后上模继续下行，带倾斜圆角的摆动块，围绕小轴向外摆，使工件弯曲成形。模具开启后，在弹顶器的作用下，将工件推卸出模，摆动块靠自重复位。

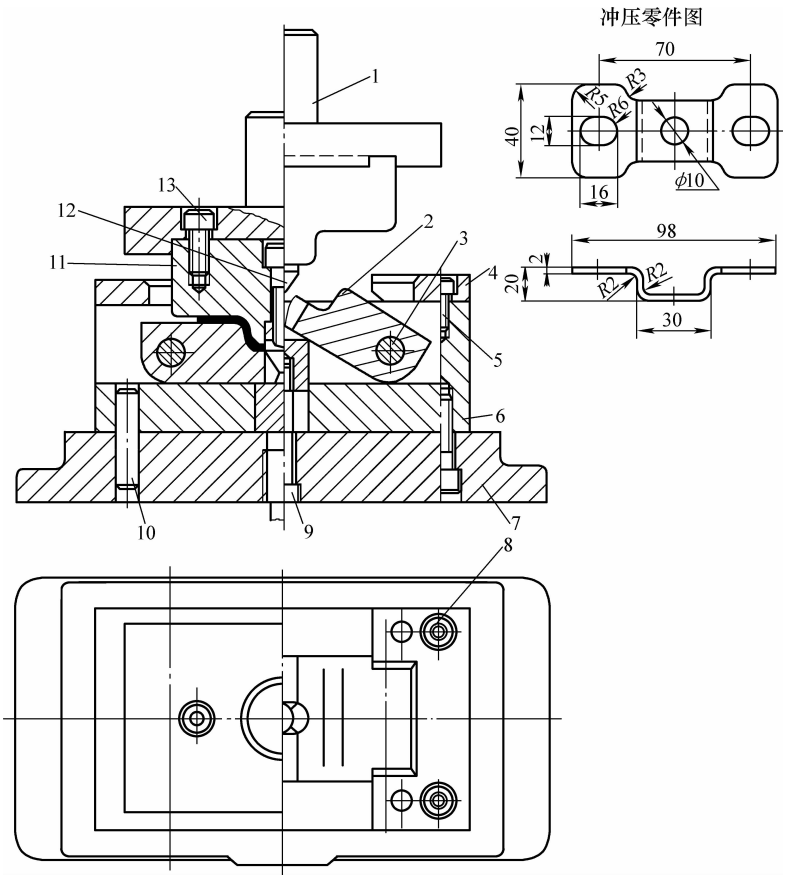


图 5-10　连接板具有摆动块活动凹模的弯曲模

1—模柄　2—摆动块　3—转轴　4—定位板　5、8、13—螺钉　6—凹模框　7—下模座

9—弹顶杆　10—圆柱销　11—弯曲凸模　12—导正销

4. Z 形弯曲件

（1）常用弯曲模结构形式　用落料获取的平毛坯，弯曲成 Z 形多弯角不同弯曲方向的弯曲件，经常采用图 5-12a ~ d 所示四种结构形式的单工序弯曲模。这些弯曲模结构设计要点可从图 5-12 所示四种结构形式中看出：

1）防止弯曲过程中产生的侧向力，解决弯曲凸模要承受的横向载荷的平衡问题，设止退台 6。

2）采用镦压校正弯曲，减小弯曲回弹，提高弯曲角精度。凸、凹模可刚性接触镦压工件。

3）弯曲毛坯入模定位准确，是确保 Z 形弯曲件尺寸与几何精度的关键。因为用单工序弯曲模弯曲 Z 形工件，都用专用冲裁模冲制的平毛坯。而多数这类毛坯不仅形状复杂，有的还带孔、槽、凹口及凸台，用手持工具送料入模，无定位板或定位块，很难准确放置到位。因此，定位板或定位块等的设计十分重要。

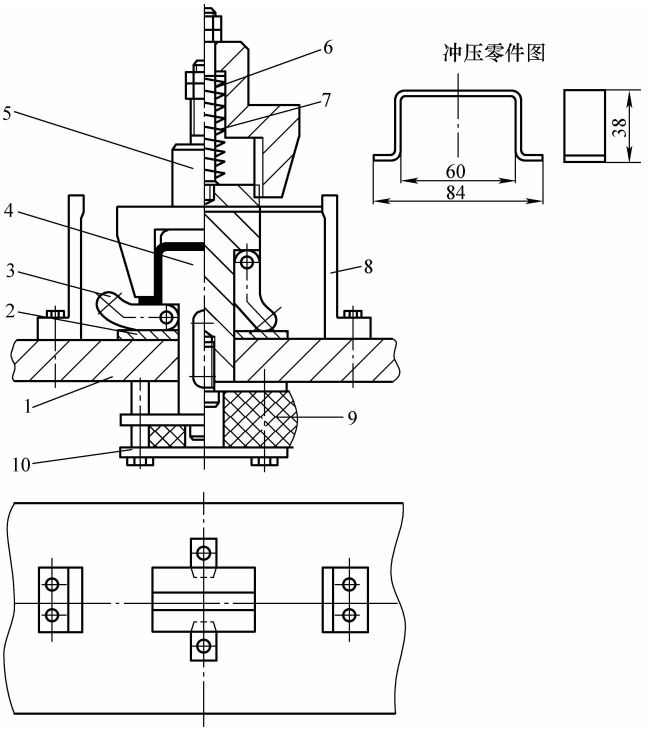


图 5-11　支架弯曲件具有圆脚摆动块活动凹模的弯曲模

1—下模座　2—垫板　3—圆脚摆动块　4—弯曲凸模　5—模柄
6—打料杆　7—弹簧　8—定位架　9—橡胶体　10—托盘

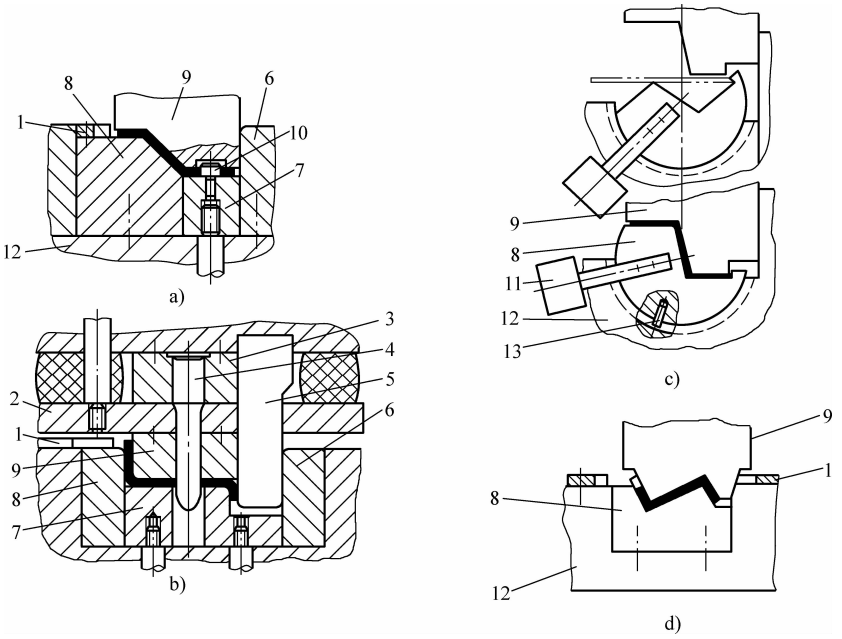


图 5-12　Z 形弯曲件常用的弯曲模结构形式

1—定位板　2—弹压卸料板　3—凸模固定板　4—导正销　5—弯曲上模
6—止退台　7—弹顶垫（顶件器）　8—凸模　9—弯曲凸模　10—定位销
11—平衡锤　12—底座　13—圆柱销

（2）典型实例　下面介绍的是两套 Z 形弯曲件单工序弯曲模实用典型结构。

1）Z 形支承板零件弯曲模（见图 5-13）。该冲模为多弯角的弯曲模，即通称的 Z 形弯曲件单工序弯曲模。

冲制时，为了避免凸模 3 端部先接触坯件而翘动，先用顶杆 10 将坯件压住，凸模 3 下降后端部先接触坯件，使坯件一端弯曲成形。凸模 3 继续下降时，两平面分别压住顶件器 13 和凹模拼块 17，使另一端也弯曲成形。此时顶件器 13 与下模座 20 两平面也正好接合，凸模 4 在坯件上同时冲一中心眼。凸模 3 上升时，顶件器 13 顶出工件。

由于零件一端的弯曲高度小，顶件器 13 与活动定位板 12 之间的距离相应的也小，凸模 3 端部的厚度就有一定的限制，所以采用活动定位板 12，以便调节凸模 3 端部的厚度。冲制时，活动定位板 12 向外滑动，当凸模 3 上升时，借压缩弹簧 21 的弹力作用，而恢复原状。

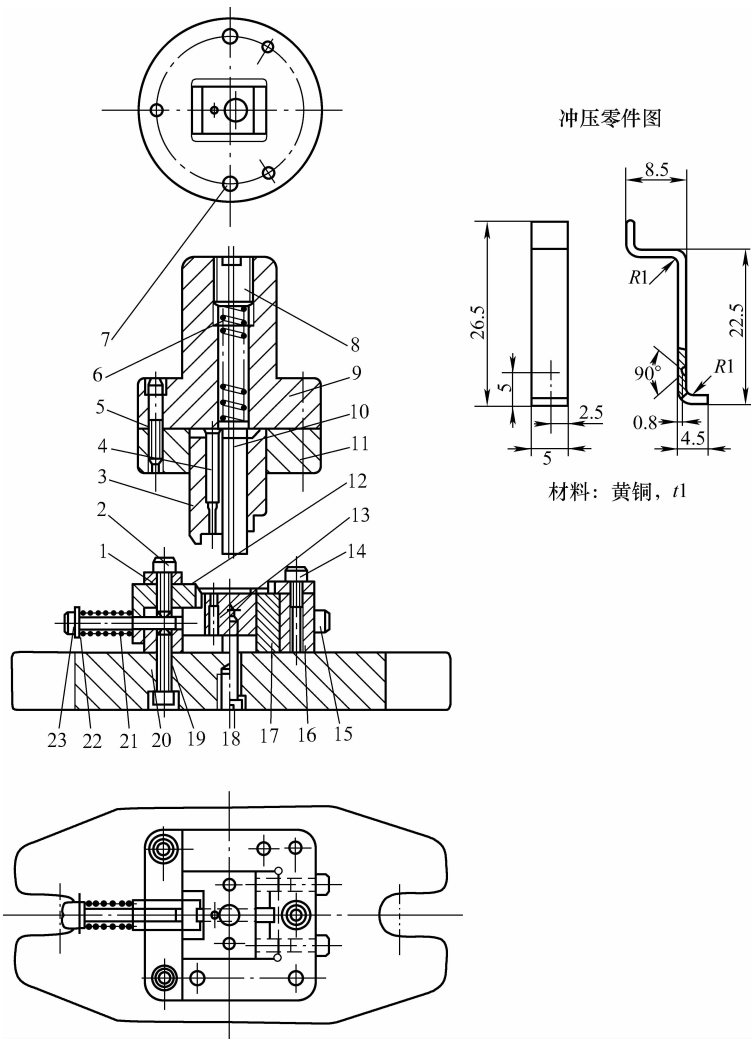


图 5-13　Z 形支承板零件弯曲模

1—压板　2、5、15、19、23—内六角螺钉　3、4—凸模　6、21—弹簧　7—销钉　8—调节螺钉　9—冲模柄　10—顶杆　11—凸模固定板　12—活动定位板　13—顶件器　14—定位板　16—凹模框　17—凹模拼块　18—脱料板螺钉　20—下模座　22—垫圈

2）Z 形支架零件弯曲模（见图 5-14）。该冲模为 Z 形支架单工序弯曲模。

毛坯以定位板 18 定位；当压力机滑块下降时，凸模 10 先把毛坯压紧，而凸模 6 已进入凹模 12，随即凸模 10 与凹模 12 弯曲一个弯角。凸模 6 则靠紧凹模 12 侧壁，从而平衡单角弯曲产生的横向偏载。当滑块继续下降时，凸模 10 压缩橡胶体 5，凸模 6 进入凹模 12 内，然后与退件块 15 弯曲另一个弯角。

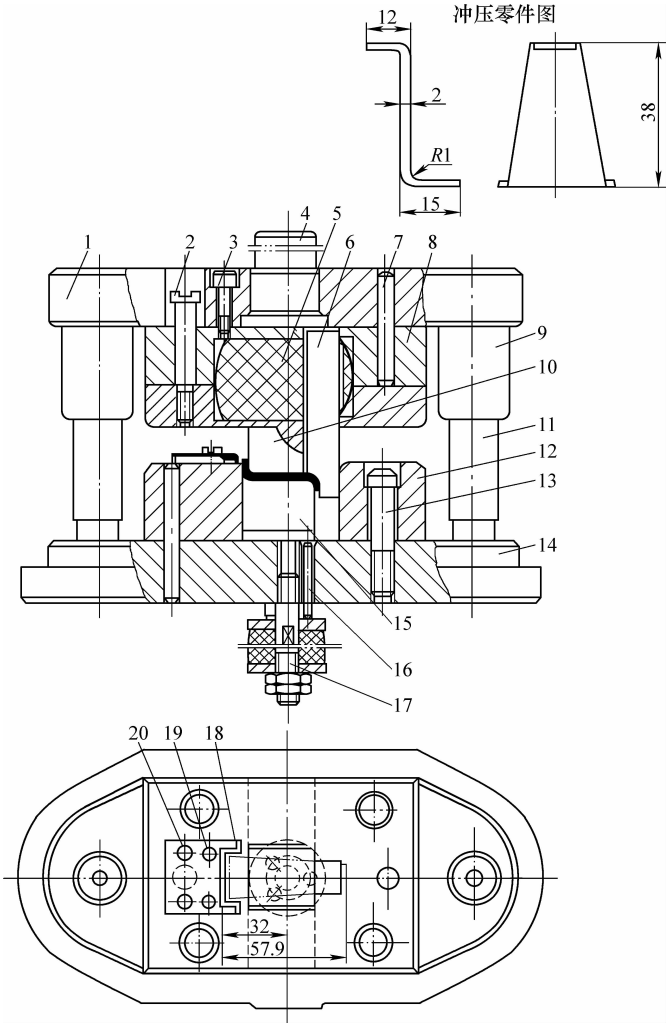


图 5-14　Z 形支架零件弯曲模

1—上模座　2—卸料螺钉　3、13—内六角螺钉　4—模柄　5—橡胶体　6、10—凸模　7、16、20—圆柱销　8—凸模固定板　9—导套　11—导柱　12—凹模　14—下模座　15—退件块　17—标准缓冲器　18—定位板　19—圆柱头螺钉

5. 圆形弯曲件

（1）常用弯曲模结构形式　用条（带、卷）料弯成无底圆筒的工艺及使用的弯曲模类型较多。使用现成的单个片料平毛坯，用单工序冲模弯成无底有缝圆筒，通常所用弯曲模结构形式如图 5-15a ~ d 所示。由于弯圆工件的形状变异，也在上述几种结构的基础上，派生出一些改进或完全改型的弯曲模结构。

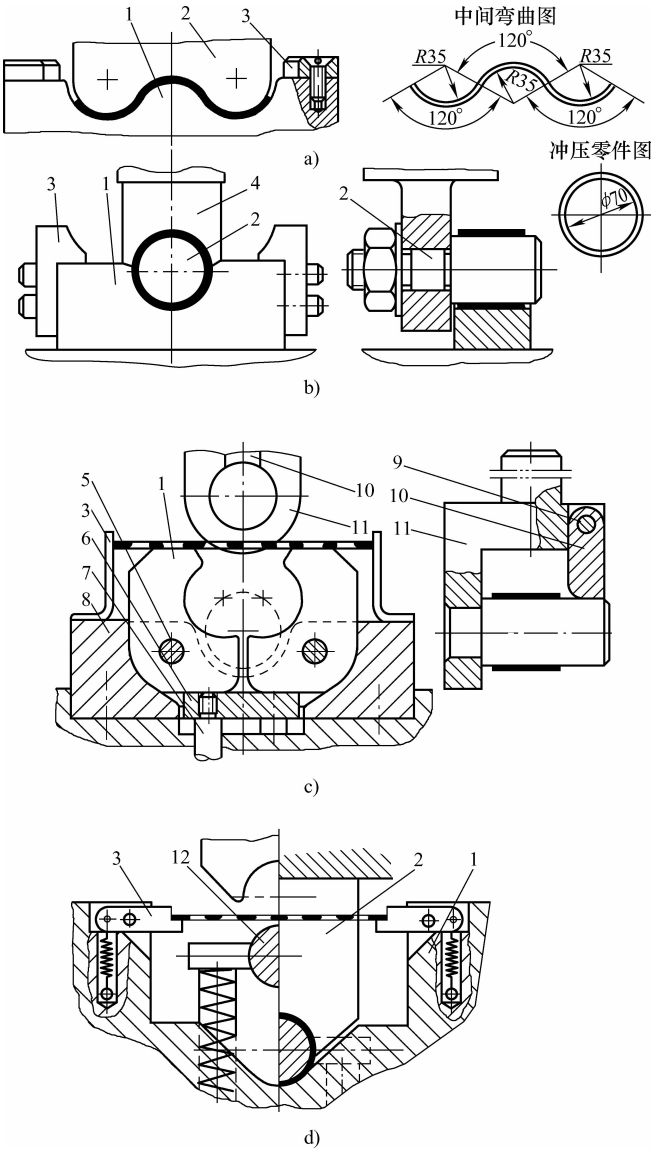


图 5-15　圆形弯曲件常用的弯曲模结构形式

1—凹模　2—凸模　3—定位板　4—固定板　5—销轴　6—顶板
7—顶杆　8—凹模座　9—圆柱销　10—支承块　11—模柄　12—活动弯芯

图 5-15a、b 所示是分两道工序，用两套简单模具，先预弯成波浪形，然后再压圆。这种方法适宜于压弯尺寸较大的圆形弯曲件，冲制工件质量较高，但生产率较低。

图 5-15c 所示是摆动凹模结构。工作时，毛坯放在凹模上，凸模下行先压成 U 形。凸模继续下行并压住凹模块底部，使凹模块绕销轴 5 摆动压弯成形。这种结构生产率高，但弯曲件上部得不到校正，回弹较大。

图 5-15d 所示是弹性活动芯子的结构。工作时，毛坯由活动定位板托住，凸模下行与活动弯芯作用，先将板料压成口部向下的 U 形。凸模继续下压，由凹模收口弯成圆形并校正。弯曲件回弹较小，但结构稍显复杂。

（2）典型实例

1）紧箍弯形模。软管与钢管连接，经常采用紧箍固定。图 5-16a、b 所示是经过冲孔与卷边的成形毛坯用两套弯曲模，经预弯、弯成形两道工序，冲制出图示紧箍。

用图 5-16a、b 所示两套弯曲模弯曲的有缝无底圆筒形零件，一般质量较好，特别是弯曲成形零件的圆度好，回弹也小一些。不过，由于其生产率低，使用模具多、占用机床多，工艺流程长，这种弯曲工艺及模具已逐渐趋于用一次弯曲模取代。但要求精度高的零件，仍采用这类结构的弯曲模。

2）圆形弯曲件摆动夹式一次成形模　图 5-17 所示为摆动夹式弯曲模。落料后的平毛坯用该弯曲模可一模成形，弯出圆形弯曲零件。

该冲模的结构形式是目前常用的弯曲圆筒形工件弯曲模的通用结构形式。冲制时，坯件放在凹模 6 上，由其上面的台阶定位。凸模 18 下降时，先将坯件弯成 U 形，当继续下降时，使两块凹模 6 绕轴 8 相向旋转，最后形成一个圆筒包住凸模 18，即完成弯形工作。凸模上升时，凹模 6 回转复位，最后侧面与螺钉 3 接触，下面由顶块 2 顶柱。当凸模离开凹模后，用手向外拉支持板 19，从凸模上取下工件。

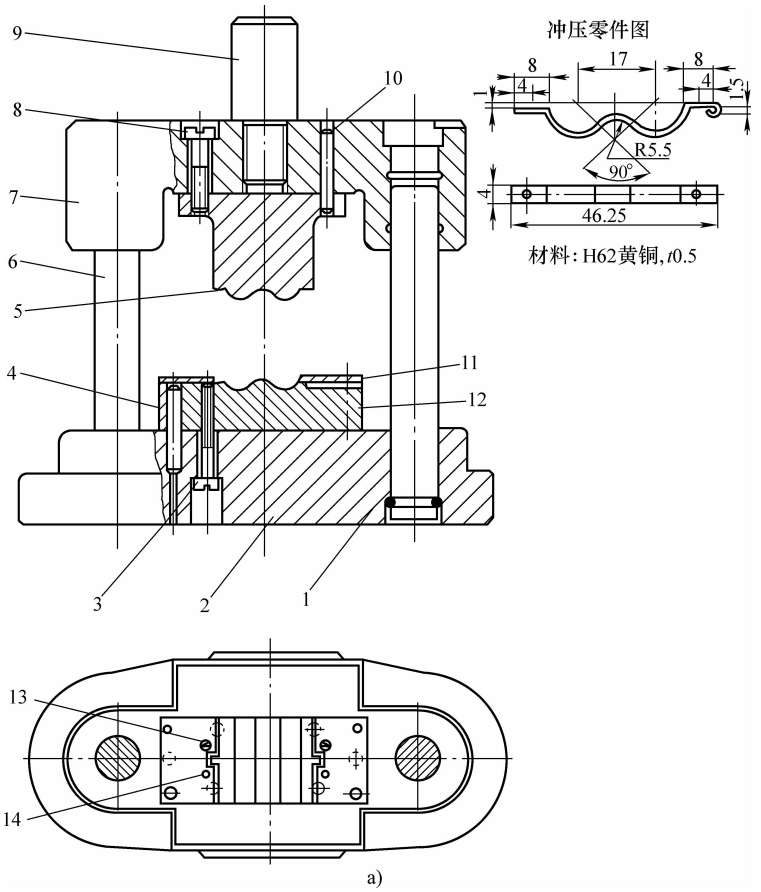


图 5-16　紧箍弯曲模

a）紧箍预弯曲模

1—卡环　2—下模座　3、8、13—螺钉　4、12—凹模　5—凸模　6—导柱

7—上模座　9—模柄　10、14—销钉　11—定位板

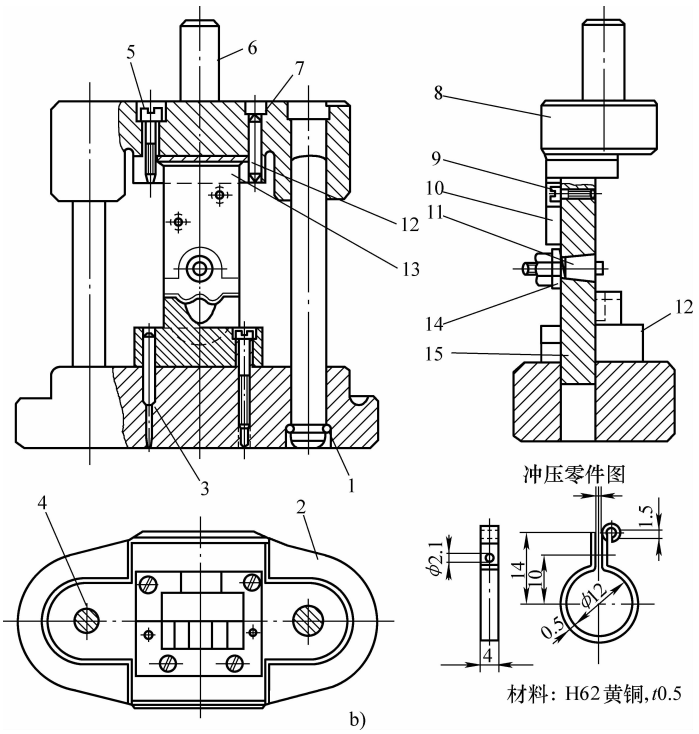


图 5-16　紧箍弯曲模（续）

b）紧箍成形弯曲模

1—卡环　2—下模座　3、7、12—圆柱销　4—导柱　5、9—螺钉　6—模柄
8—上模座　10—固定板　11—弯芯　13、15—凸模　14—螺母

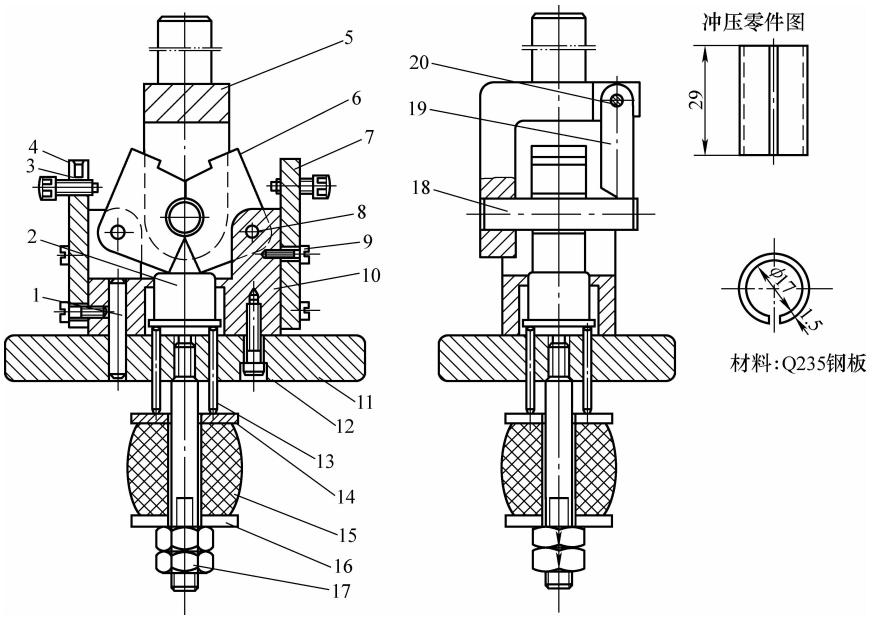


图 5-17　摆动夹式圆筒弯曲模

1—圆柱销　2—顶块　3—螺钉　4—紧定螺钉　5—上模　6—凹模　7—侧板　8、20—轴
9—圆柱头螺钉　10—支座　11—下模座　12—内六角螺钉　13—圆柱销　14—缓冲器垫圈
15—缓冲橡胶　16—缓冲器拉杆　17—六角螺母　18—凸模　19—支持板

由图 5-17 所示摆动夹式弯圆形零件的弯曲模结构，派生和改进设计的弯圆形与类圆形弯曲件用弯曲模又有很多结构形式。但这些弯曲模的结构都保持了用整体落料平毛坯、精确完善的定位系统、一模成形等特点。其弯曲成形多为活动凹模，仍然用两块组合，由凸模弯芯先将平毛坯弯成 U 形，再通过平面移动或旋转将坯件弯曲成形，详见图 5-18 ~ 图 5-20 实例。

3）圆形弯曲件滑板式弯曲模（见图 5-18）。该结构弯曲模用于弯曲料厚 $t = 0.5 \sim 1.0$mm，外圆直径 $D = \phi5 \sim \phi20$mm 的有缝带径向直边或不带径向直边的无底圆筒形零件。

其弯制过程为：将落料获得的平毛坯，放入模内成形滑板 5 的凹模内定位。上模下行用弯曲型芯 3，先将毛坯弯成 U 形。上模继续下行，弯曲型芯 3 外包 U 形坯件，压入凹模座 4 弯曲模腔，一起向下运行，使得摆动块 6 向外摆动，带动成形滑板 5 向中心运动，横向施力将坯件压弯成形。

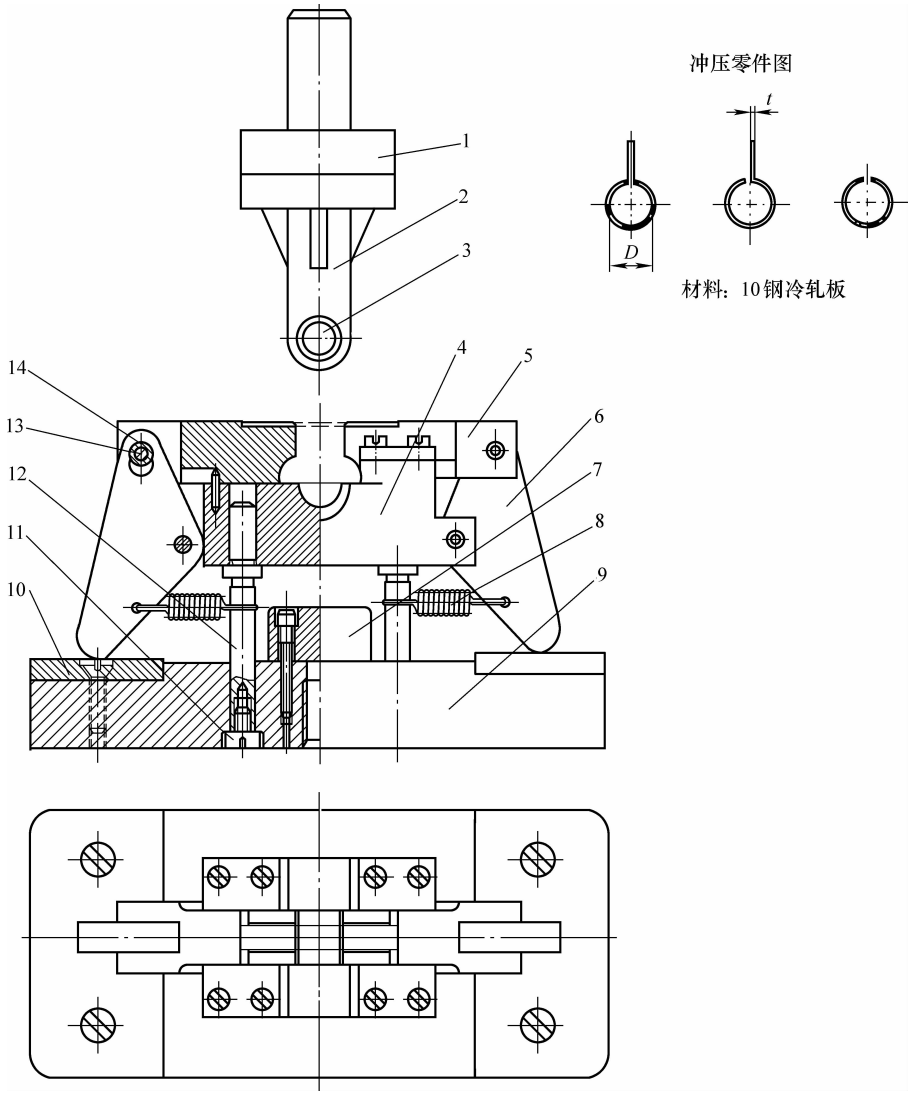


图 5-18　圆形弯曲件滑板式弯曲模

1—模柄　2—上模　3—弯曲型芯　4—凹模座　5—成形滑板　6—摆动块　7—限制块
8—拉簧　9—下模座　10—垫板　11—限位螺钉　12—导柱　13—销轴　14—滚套

上模回升后，工件包在弯曲型芯 3 上，用手持工具取下。

4）类圆形弯曲件楔传动结构弯曲模。图 5-19 所示类圆形弯曲件用楔传动结构弯曲模，是用斜楔将垂直冲压力转变成横向冲弯力，实施水平方向向里施压，弯曲成形似圆，但并不是正圆的零件。

该冲模为弯制对称且形状较复杂零件的弯曲模。冲制时，将坯件的两孔套在定位销 22 上。当上模下降时，凸模 5 先接触工件，并将顶板 21 向下压，借滑块 19 的作用将零件弯成 U 形。当顶板 21 与下模座 1 接触时，上模部分仍继续下降，顶板因受弹簧作用成静止状态，斜楔 2 接触滑块 19 和调节板 17，并推动滑块向凸模 5 靠拢，将零件弯曲成形。

弹簧 7 的压力必须大于顶板向上的推力和零件的弯曲力，否则，滑块 19 将过早向中靠拢，而无法冲制零件。

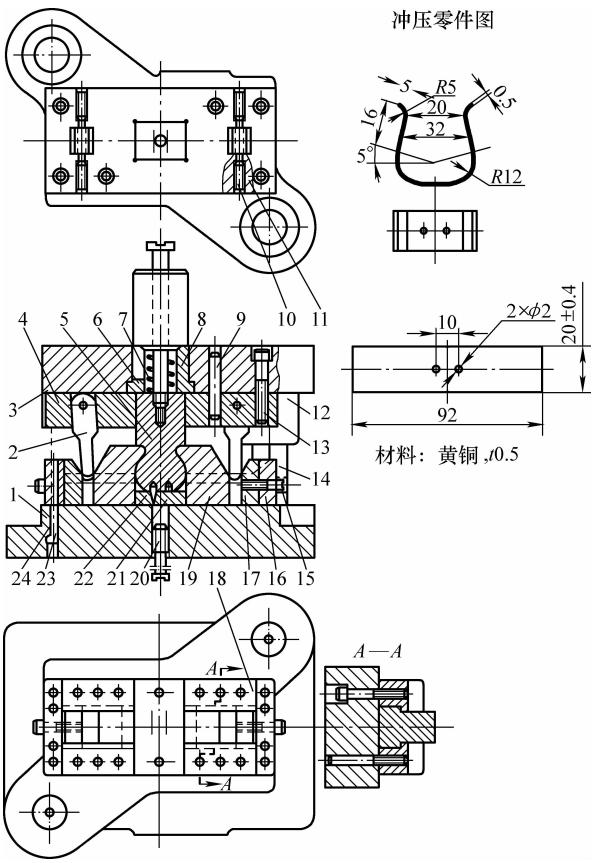


图 5-19　类圆形弯曲件楔传动结构弯曲模

1—下模座　2—斜楔　3—上模座　4—凸模固定板　5—凸模　6—推杆　7—弹簧　8—冲模柄
9、23—销钉　10—固定螺钉　11—轴　12—导套　13、15、24—内六角螺钉
14—导柱　16—挡块　17—调节板　18—导板　19—滑块
20—脱料板螺钉　21—顶板　22—定位销

5）双圆钩簧片楔传动弯曲模。如图 5-20 冲压零件图所示，这类弯曲件不仅形状复杂，而且线性尺寸要求有较高的尺寸精度。采用高精度弹压卸料导板式连续冲裁模，通过有搭边排样、有废料连续冲裁或采用高精度顺装复合冲裁模，获得高精度平毛坯，而后采用图5-20所示弯曲模冲弯成形。

该冲模结构虽较复杂，但操作及运作过程十分简单。毛坯入模靠定位销插入毛坯孔中定位。上模下行后，凸模 3 将坯件压在顶板 6 上后下压，并使毛坯呈浅凹形且两端翘起，见冲压零件图中双点画线所示。上模继续下行与凹模腔吻合。同时，斜楔 11 从两侧沿水平方向驱动楔滑块 4，使其相对向中心冲弯，冲制出成品弯曲件。当上模回程上升时，斜楔 11 脱开，而楔滑块 4 靠弹簧 5，退回复位，顶板 6 顶出工件。

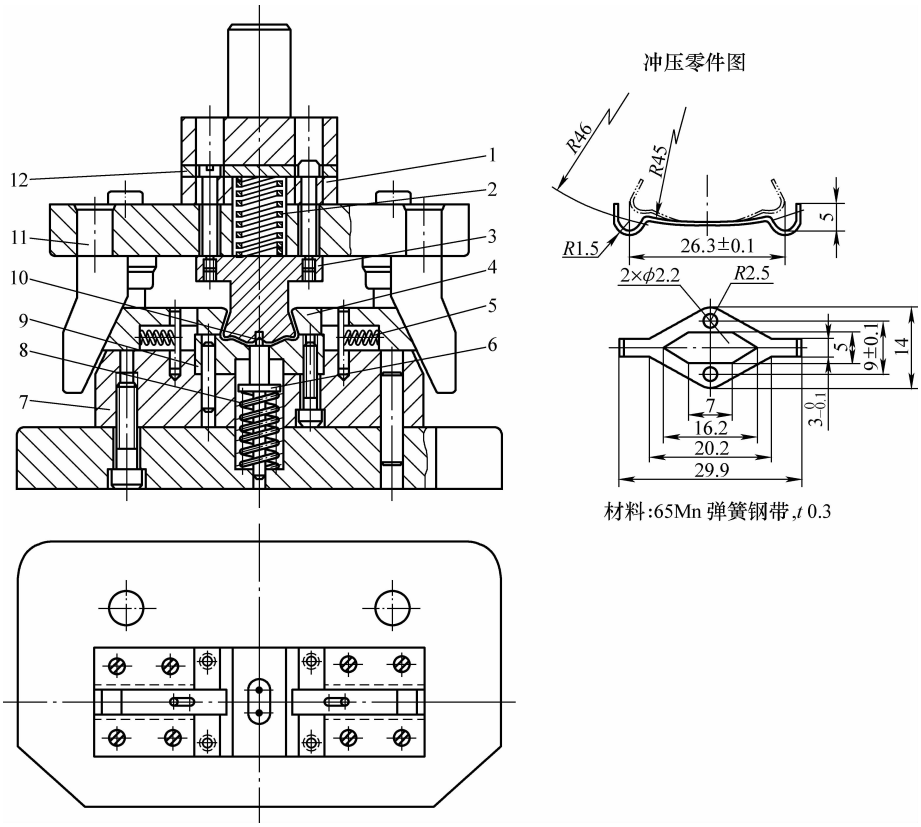


图 5-20　双圆钩簧片楔传动弯曲模

1—空心垫板　2—方弹簧　3—凸模　4—楔滑块　5、8—弹簧　6—顶板　7—下模座垫

9—凹模　10—定位销　11—斜楔　12—垫板

6. 卷圆零件

（1）常用弯曲模结构形式　图 5-21 所示为板料卷圆通常的两种零件的类型。其中，图 5-21a 所示为偏圆，亦称卷边；图 5-21b 所示为正圆，使用不如偏圆多。图 5-21c、d 所示为卷边即偏圆零件用卷圆模的结构形式。其中，图 5-21c 所示为预弯模；图 5-21d 所示为终弯模。两者成形模腔部位的结构及尺寸如图 5-21e、f 所示。其中，图 5-21e 中的偏移量 P，见表 5-1。

图 5-21b 所示正圆的卷制，与卷边即偏圆的卷制大同小异。通常也要进行预弯、终弯，使用两套模具。其模具结构与图 5-21c、d 所示基本一样，仅其弯曲卷圆的成形模腔稍有差异。预弯如图 5-21g 所示，卷圆成形如图 5-21h 所示。

目前在现场使用的卷边模、卷圆模都省略了预弯工序，直接用毛坯一模成形。有的是在落料展开毛坯时，采取了一些措施。例如，将毛坯卷圆的端头稍压弯一点，代替预弯；有的是在弯曲成形的模腔加大推卷进料的坡度或卷圆弧度，以利于顺利推卷成形。

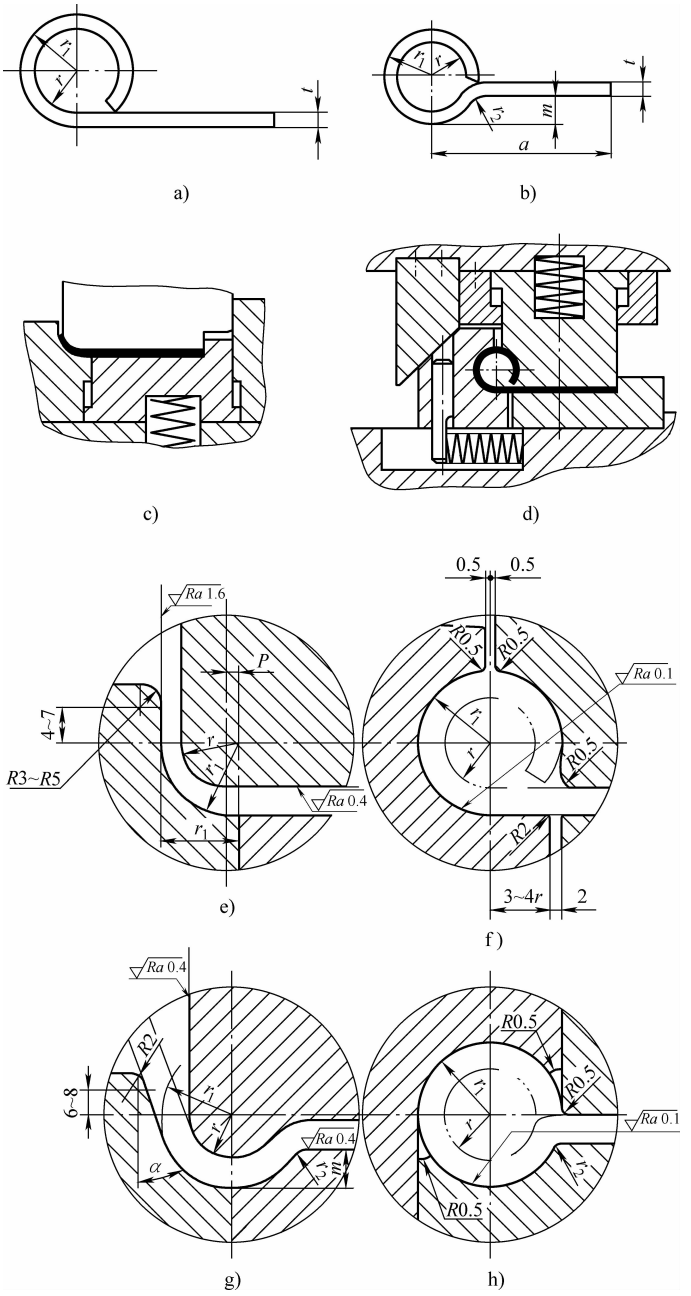


图 5-21　卷圆零件类型及模具结构

表 5-1　偏移量 *P* 值　　（单位：mm）

料厚 t	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
偏移量 P	0.3	0.35	0.4	0.45	0.40	0.50	0.52	0.60	0.60	0.65	0.65

（2）典型实例

1）铰链卷边模（见图 5-22）。该冲模适用于弯制铰链零件的卷边模。

将落料并经预弯的坯件放在凹模 9 内，靠挡料板 12 挡料。压力机滑块下行时，凸模 6

顺凹模直边，将坯件贴直、压下，使零件下端顺卷圆模腔圆弧卷弯成铰链形。

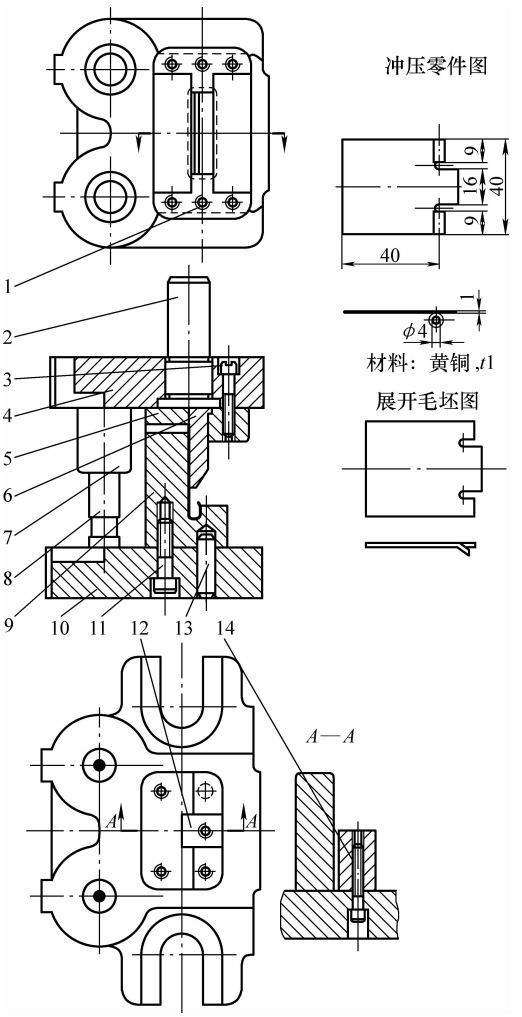


图 5-22　铰链卷边模

1、13—销钉　2—模柄　3、11、14—内六角螺钉　4—上模座　5—凸模固定板
6—凸模　7—导套　8—导柱　9—凹模　10—下模座　12—挡料板

2）仪表封盖两端卷边成形模　图 5-23 所示卷边模是采用预弯毛坯两端同时一次推卷成形。冲模采用弹压卸料板导向结构，用两组双作用斜楔从左右两边驱动两组楔滑块，利用装在楔滑块头部的卷边凹模，同时向中心推卷预弯毛坯成形。

斜楔将垂直向下的冲压力，通过楔传动机构转变成水平方向的冲压力，进行两端卷边。为简化冲模结构并消减楔传动机构的运作噪声，采用双作用楔，实施推卷成形及楔滑块回程复位动作，见图 5-23 中楔滑块座 20 和斜楔 29 组合。

由于是推卷成形，所以要求坯件经过预弯。预弯需保证弯头与卷边内圆半径 R 相吻合，即保证预弯出 75° ~80°的圆心角所对应的圆周长，以便推卷时成形。表面粗糙度值：预弯为 $Ra=0.4\mu m$；成形为 $Ra=0.1\mu m$。

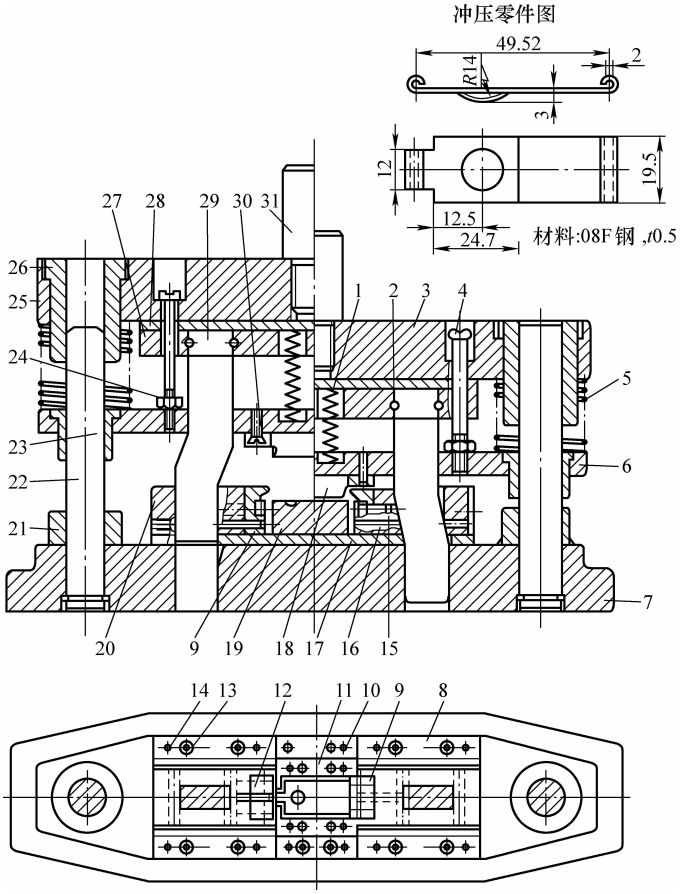


图 5-23　仪表封盖两端卷边成形模

1、5—弹簧　2、10、14、16—销钉　3、25—模座　4、13、15、30—螺钉　6—弹压卸料板
7—下模座　8—楔滑块导轨　9、12—卷边凹模　11—定位板　17、28—垫板　18—压块
19—毛坯定位座　20—楔滑块座　21—定距套　22—导柱　23、26—导套　24—螺母
27—凸模（楔）固定板　29—斜楔　31—模柄

3）小型卷边零件一次卷边成形模。对于卷圆半径 $r \leqslant (0.5 \sim 2.5)t$（$t$ 为料厚）的卷边零件，只要卷圆模腔设计得当，完全可一模卷圆成形。尤其对塑性较好的材料，卷边尺寸小，便于一模成形。图 5-24 所示卷边零件尺寸小，材料为 H62 黄铜，其模具采用一次卷圆成形。一般卷边成形多采用推卷，即由后边直边向卷边端部施力，沿水平方向推动卷边模成形模腔，对准固定的毛坯端镦压，使毛坯按模腔形状弯曲变形实现卷圆。

4）双向楔传动横向卷边模。对于卷边尺寸较大、尺寸精度要求不高的零件，采用图 5-25所示无导向装置的单工序双向楔传动横向卷边模比较经济，而且投产快。该冲模卷边的零件是经过预弯的。操作使用该冲模应特别注意操作安全。

7. 多向弯曲复合形弯曲件

弯曲件的形状千变万化。目前各种机电与家电产品的更新换代越来越频繁，新产品投产品种越来越多；同时，为节能降耗、降低成本以及产品结构轻型化的需要，采用复杂形状薄板弯曲件作为结构及承载零件取代铸、锻、金属切削零件，已成为提高产品市场竞争力的重

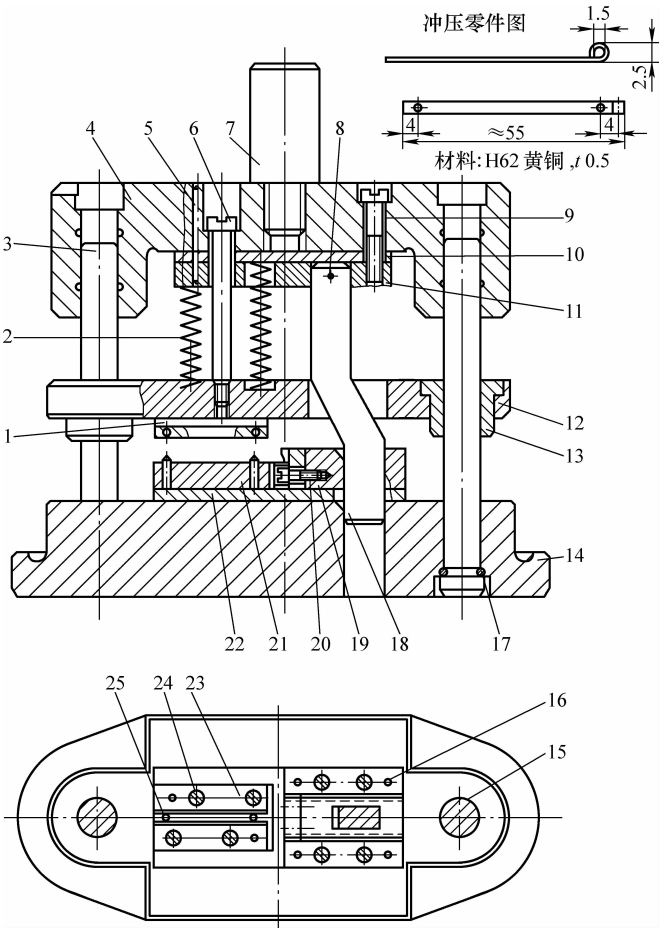


图 5-24　小型卷边零件侧楔驱动卷边模

1—压料板　2—压力弹簧　3、15—导柱　4—上模座　5、8、16—圆柱销　6、9、24—螺钉
7—模柄　10、22—垫板　11—固定板　12—导板　13—导套　14—下模座　17—夹紧环
18—斜楔　19—楔滑块　20—卷圆凹模　21—下模板　23—定位板　25—定位销

要手段和产品先进性的标志。因此，多向弯曲复合形弯曲件日益增多，特别是一些中小型板料弯曲件的形状及品种，越来越复杂、越来越多。

有一些弯曲件有多个不同弯曲方向的弯角，从整体上看是由多个单弯角或双弯角构成的多弯角弯曲件，也有不同弯角与圆弧构成的弯曲件。多数都不对称，或构成小开口、瓶颈类闭式弯曲件，这给弯曲模的结构设计带来困难。以下实例为现场遇到的较为典型的一些多向弯曲复合形弯曲件及其单工序弯曲模。

（1）球面座弯曲模　图 5-26 所示为一个变⌴形弯曲件的弯曲模，该弯曲件展开平毛坯是一个长 × 宽 = 213. 5mm × 18mm 的矩形状条料，中心有 ϕ3. 5mm 孔。

该弯曲件是由大小三个⌴形弯曲形状构成，以具有凹下球面顶的大⌴形为主体，两边连接有两个大小相同且对称的小⌴形，属多角多向弯曲的复合形弯曲件。

该弯曲件模具结构特点为：用弹顶垫即顶件器 3 作为压弯球面顶的凸模，并利用其中心安装的定位销，对入模展开毛坯定位；在弯大⌴形的凹模下模座两侧，嵌装两组大小相同的单作用驱动楔挡块 4，而用作弯两边小⌴形的凸模是装在上模座两边的斜楔 1，两组固定楔

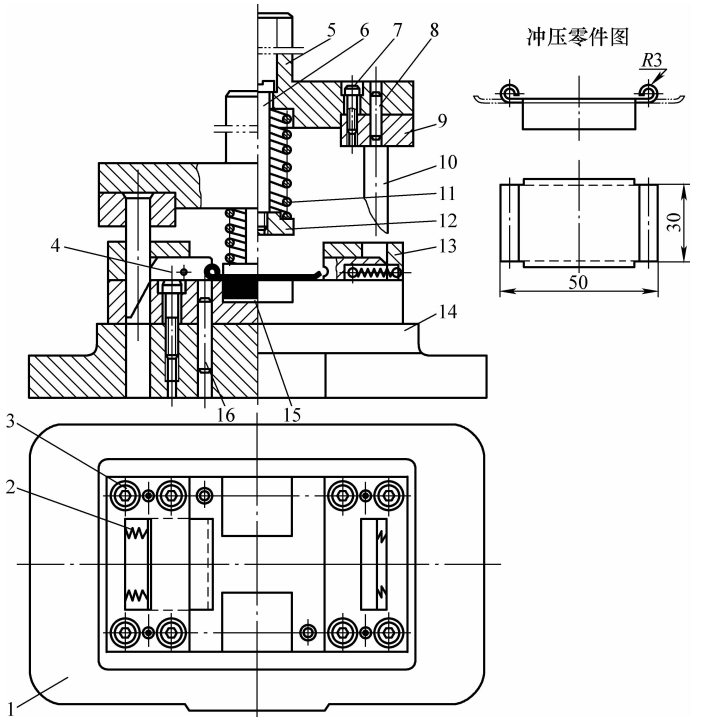


图 5-25　双向楔传动横向卷边模

1、8、16—圆柱销　2、11—弹簧　3、7—内六角螺钉　4—楔滑块
5—上模座　6—拉杆　9—固定板　10—斜楔　12—螺母　13—盖板　14—下模座　15—工件

挡块 4 又用作毛坯的支承定位板，使模具结构更为紧凑。弯大⌴形的凹模，采用整体嵌件装在下模座上，更换修理都十分方便。

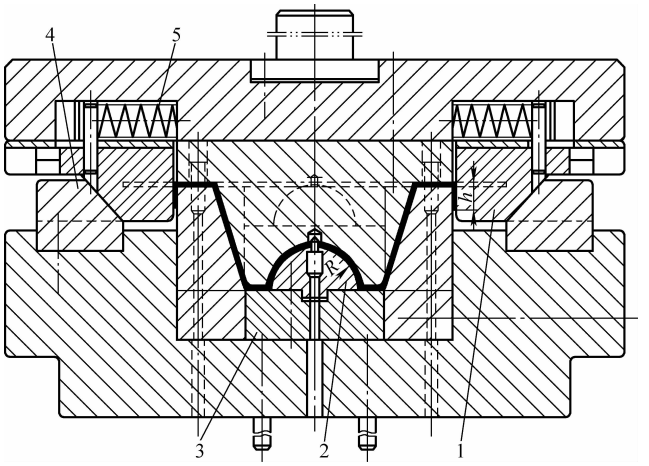


图 5-26　球面座弯曲模

1—斜楔　2—球面顶嵌件　3—顶件器　4—楔挡块　5—弹簧

（2）仪表芯架组件弯曲模　仪表机芯组件有一组类⊔形和变⊔形薄板、小尺寸弯曲件。图 5-27 所示为这些零件所用的弯曲模结构及弯曲过程。

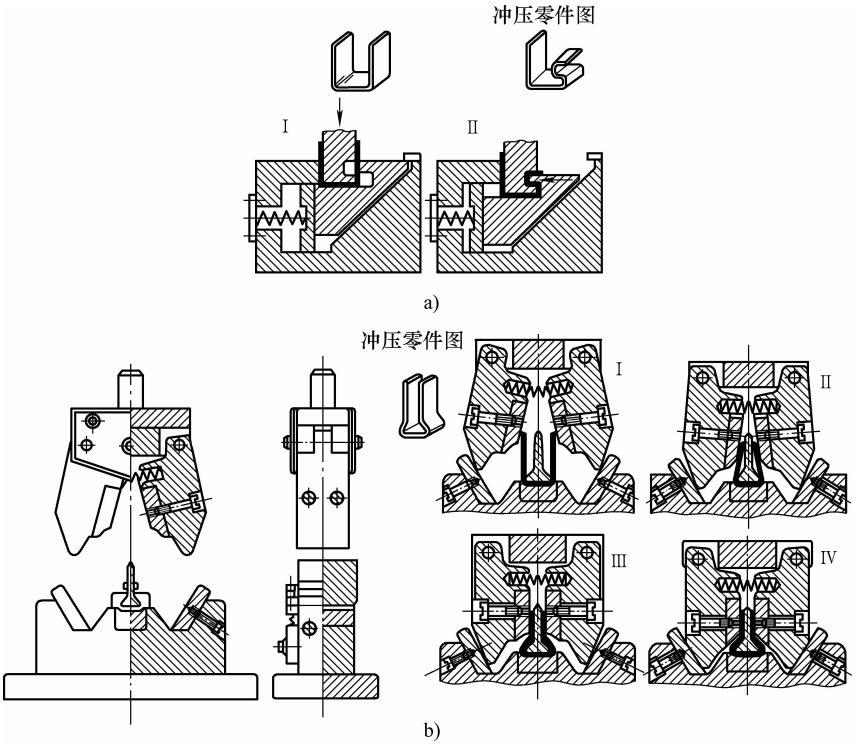


图 5-27　芯架组件弯曲模

a）弯曲模 1　b）弯曲模 2

T 字形芯柄弯曲零件由于柄部两片贴合无缝隙，可采用图 5-28 所示的弓形架斜楔驱动的活动凹模弯曲模压弯成形。

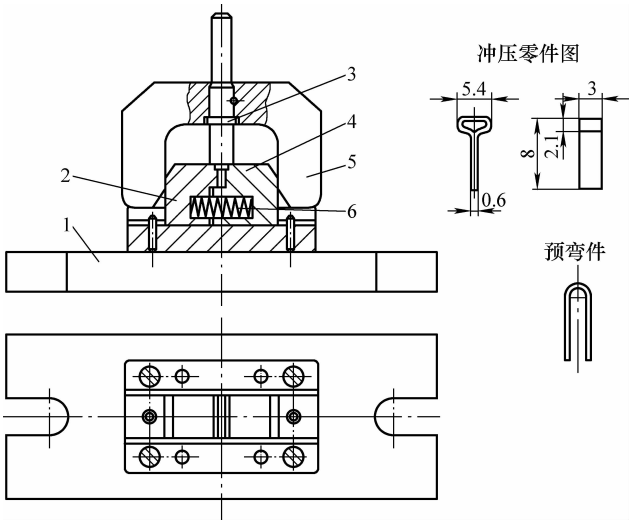


图 5-28　T 字形芯柄弯曲模

1—模座　2—底板　3—凸模　4—凹模（楔滑块）　5—侧楔　6—弹簧

该冲模使用图示预弯毛坯，靠凹模型孔的台阶，为入模毛坯定位，并控制压弯 T 形头的高度 2.1mm。

该模具结构及运作过程都很简单。预弯毛坯送入模腔后，靠底板 2 和与其相吻合的楔滑块组成的凹模台阶口部，以及未合模的缝隙，给毛坯定位。凸模装在弓形架中心，与模柄同轴。弓形架两臂有内斜面，构成侧楔 5。上模下行，侧楔驱动凹模（楔滑块）4，由两边向中心合模并横压毛坯合并，凸模冲压毛坯顶部，使其充满模腔上部空间。上模返程，弹簧 6 推开楔滑块分模，卸出零件。

（3）簧夹铰链升降式一次弯曲成形模　对于需要两侧弯曲，尤其两侧对称的闭式弯曲的零件，采用图 5-29 所示铰链升降式一次弯曲成形模，效果不错。

该模具的凹模采用两块铰链机构，由驱动的折板构成，其外斜面与模框吻合，弯形合模后自动锁紧，增加了刚性冲击的校正力，使弯形工件成形后可获校正，减少回弹。

该冲模用带两个 ϕ3.2mm 孔的平毛坯，一次弯曲成形，生产率高，质量较好。

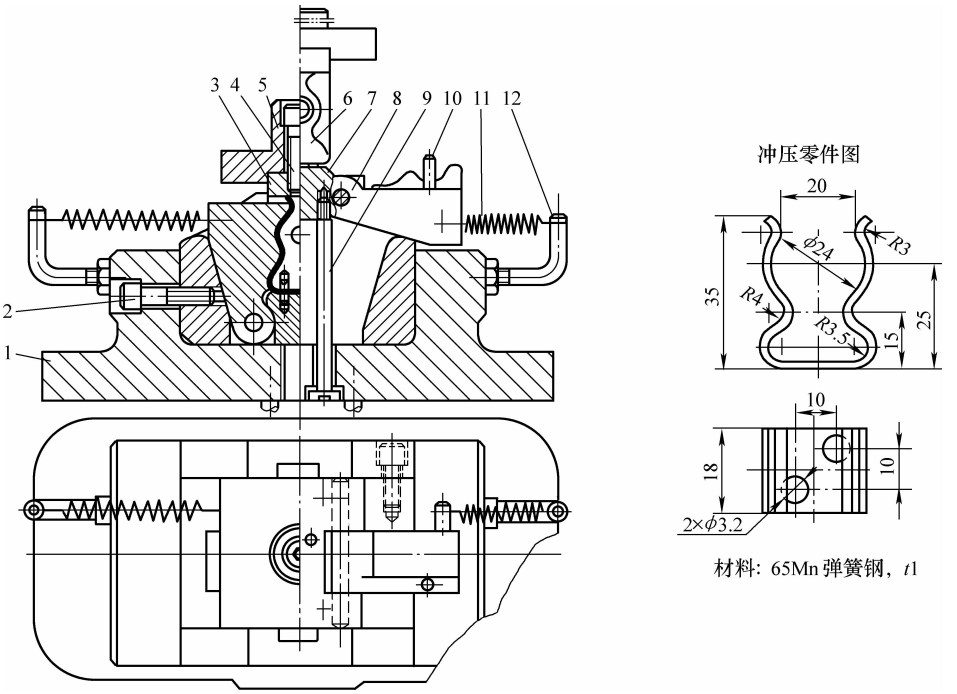


图 5-29　簧夹铰链升降式一次弯曲成形模

1—下模座　2、4—螺钉　3—上模　5—模柄　6—模芯　7—顶件器　8—折板模块　9—顶杆　10—侧挡销　11—拉簧　12—簧支柱

（4）挂架杠杆式一次弯曲成形模　图 5-30 所示挂架弯曲模，是一副靠两套相同的杠杆机构推动侧向两件弯曲凸模，同时，进行侧向两对应位置、相同形状的弯曲。对于相同和类似闭式弯曲零件，可套用、推广该结构弯曲模。

平板毛坯入模置于凹模表面的定位板内。上模下行，靠凸模 5 嵌装在模柄 7 内的弹簧 8，将毛坯压紧在顶件器 1 的表面。上模继续下行，先将毛坯弯成 U 形。与凸模装在一起的压杆 4 便驱动杠杆机构，由杠杆力臂 2 推动活动凸模 3 沿滑槽向上进行侧向弯曲，使已弯成 U 形的坯件，最终弯曲成形。上模回程，模具开启，活动凸模 3 靠侧边的拉簧复位，弯好的零件留在活动凸模 3 上，可用手持工具取下。

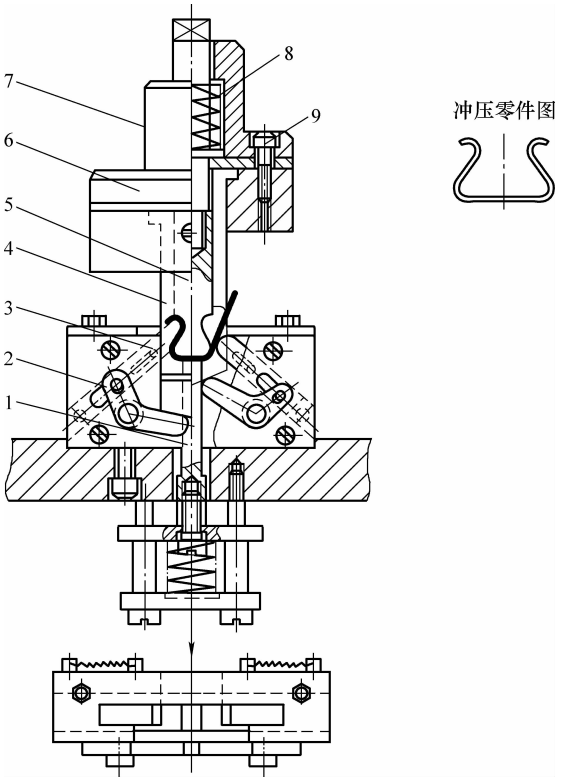


图 5-30　挂架杠杆式一次弯曲成形模

1—顶件器　2—杠杆力臂　3—活动凸模　4—压杆　5—凸模　6—上模座
7—模柄　8—弹簧　9—螺钉

（5）开关零件一次弯曲成形模　低压开关产品中，有很多复杂形状的中小型板料弯曲件，大多采用结构简单的单工序弯曲模，一次或经预弯而后终弯成形。图 5-31 所示开关零件不仅形状复杂，而且料厚达 4mm。其展开平毛坯用落料模完成，再用图 5-31 所示结构简单的弯曲模，一次弯曲成形。

该弯曲模结构设计考虑了弯曲件料厚大、弯曲力大，以及弯角多、弯曲偏载对模具强度的影响，故采用加厚钢板模座。弯曲模腔两侧要在弯曲过程中承受巨大侧向载荷，除设计加厚模框外，还在模框外侧正对侧向力的方向，焊接与模腔接近等高的直角形加筋横向支撑，使弯曲下模与厚实的下模座成为一个刚体。模芯（顶件器 5、凹模 4）模框与侧支架 6，采用拼接组装，在模座上设计不等高嵌装面，而后用螺钉沿纵向和横向紧固后，再将支撑角架焊在外侧，确保弯模有足够承载能力。

（6）长圆夹一次弯曲成形模　用长条平毛坯，采用图 5-32 所示模具结构，可以一次弯曲成形如图 5-32 所示长圆形零件。该结构是利用弹顶活动弯芯，作为入模平毛坯的中间支承，待上模与其接触后，通过弹压杆，先将毛坯夹紧，再下压弯成⌴形，上模继续下行，靠凹模两边的弧形面，使已弯成⌴形的工件两边，沿弯芯两弧面卷圆，包住弯芯而最终成形。上模下行至凹模底面，校形工件，减少其回弹。上模回程后，弯芯被顶起，便可从弯芯上取下弯好的长圆形零件。

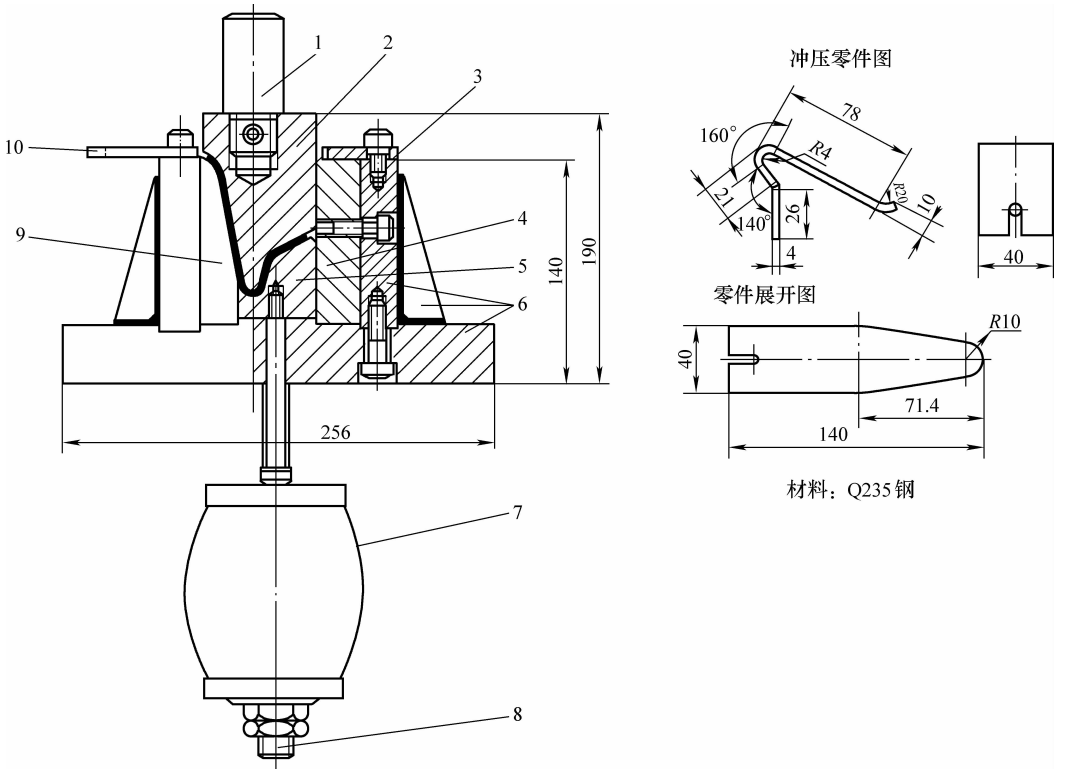


图 5-31　开关零件一次弯曲成形模

1—模柄　2—凸模　3—定位板　4—凹模　5—顶件器　6—模框与侧支架
7—橡胶体　8—拉杆　9—凹模拼块　10—固定板

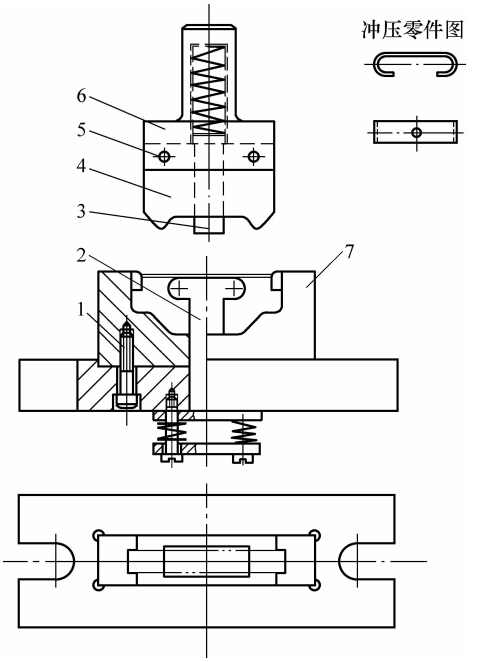


图 5-32　长圆夹一次弯曲成形模

1—螺钉　2—弯芯　3—弹压杆　4—上模　5—固定板　6—上模座（带模柄）　7—凹模

（7）钩架零件一次弯曲成形模　该弯曲件虽尺寸不大，形状复杂；由一个⌴形夹座与一个半圆钩连接成一体，半圆钩与⌴形夹座有一个高度差，又用长条连接。其展开毛坯是一个简单的 T 字形平板，见图 5-33。

该弯曲模结构设计主要特点如下：

1）将顶件器设计成活动模腔，并作为毛坯入模定位支座。该模腔装在凹模槽中，槽宽等于弯曲零件中部不参与弯曲变形部分的长条宽度，加上两倍的料厚 t，能使展开毛坯放入定位板、置于顶件器表面正中位置，向上弯出⌴形后，可顺利上下。

2）在活动模腔即顶件器上，制出弯曲零件半圆钩与⌴形夹座两端的高度差。成形与出件都较方便。

3）凸模采用拼块结构。将弯半圆钩凸模分割出来。弯⌴形及长带部分，用弹压凸模，在其顶部装有橡胶块。以便压紧入模定位平毛坯。两块拼合的凸模由上模框夹持紧固。

4）毛坯入模先由顶件器支承，放入定位板凹口中，上模下行由弹顶凸模部分压紧毛坯，并向上弯⌴形。这部分凸模受模腔（顶件器）反顶压力缩短，弯半圆钩凸模突出并随上模下行弯出半圆钩。当上模下行至终点校形弯曲零件，使其回弹减小。

当上模回程时，弯芯会顶件出模并从上模卸下。

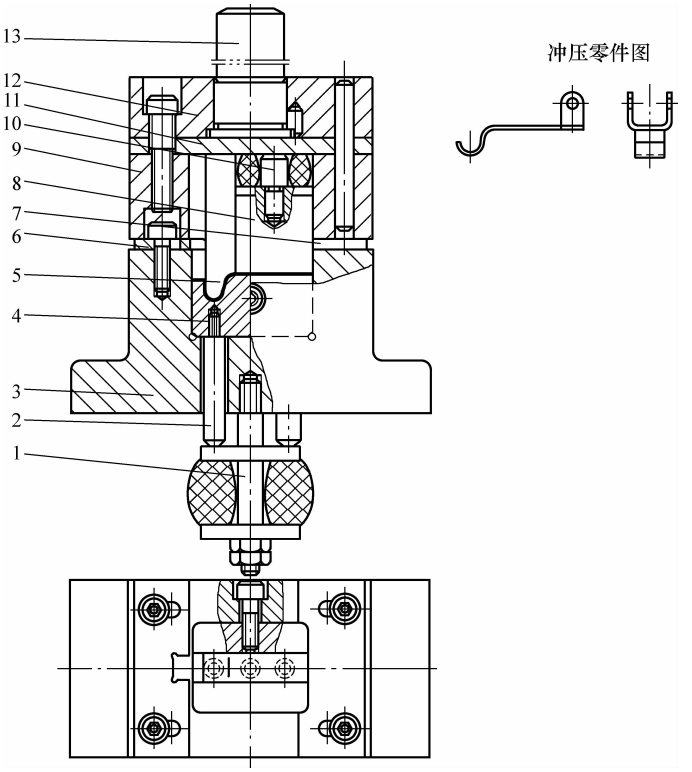


图 5-33　钩架零件一次弯曲成形模

1—拉杆　2—顶杆　3—下模座　4—弯芯（顶件器）　5—凸模　6、7—定位板
8—凸模拼块　9—上模框　10—芯柱　11—垫板　12—上模座　13—模柄

（8）簧片一次弯曲成形模　该弯曲件的主体是由不同直径的圆弧，沿径向圆滑连接的 S 形挂钩闭式弯曲件。要一次弯曲成形，必须两向施压弯曲，其弯曲模的结构设计存在较大的难度。

该弯曲件的展开平毛坯由连续冲裁模或复合冲裁模供坯。考虑其凹槽深 10mm，宽 3.5mm，用连续冲裁更易提高供坯模寿命。

该弯曲件的一次弯曲成形的弯曲模，见图 5-34，在结构设计上有如下特点：

1）采用方形截锥外形拼块组合凹模，底部用弹顶器端面构成圆顶成形模腔。

2）凹模组合的锥体拼块。靠模座下的弹顶系统可顶出模，并可依靠装在拼块间的弹簧，将拼块沿横向分开，以方便凸模从凹模中退出，并顺利地从凸模上取下弯好的零件。

3）顶件器弹簧系统 11，套装在弹顶凹模体的橡胶体 1 中心套管中，互不干扰。

4）厚实的模框 9 的内侧，制出与凹模外斜度吻合的斜面，可使沿斜面顺畅上下而不偏斜。

5）装在模框 9 表面的定位板，可限制活动凹模 5、8 不会冲出模框。

6）限位柱 6 控制上模 7 下行高度。

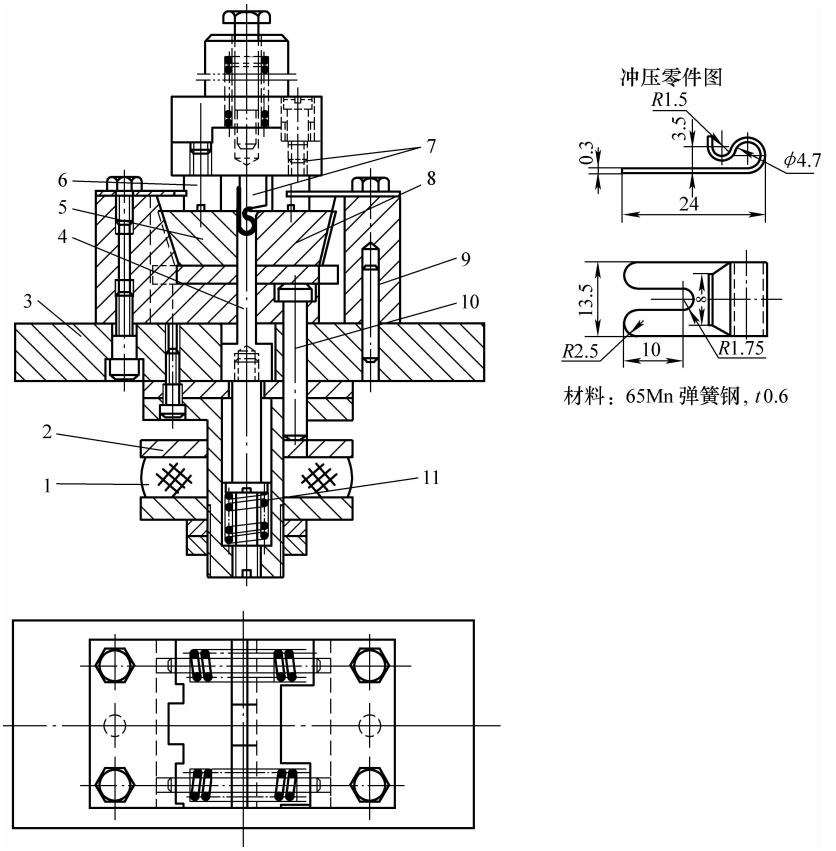


图 5-34　簧片一次弯曲成形模

1—橡胶体　2—托盘　3—下模座　4—顶件器　5、8—凹模拼块　6—限位柱
7—上模（凸模及其固定板）　9—模框　10—顶杆　11—顶件器弹簧系统

（9）扁扣一次弯曲成形模　图 5-35 所示为齿条驱动的滚动式弯曲模，适于弯曲回形针形的窄长工件（见图 5-35 冲压零件图）。弯曲前将毛坯放入前座架内，再将活动芯棒放在毛坯上。弯曲工作开始，模柄齿条 6 下行，驱动滚轮摇板转动，将毛坯压弯在活动芯棒上。

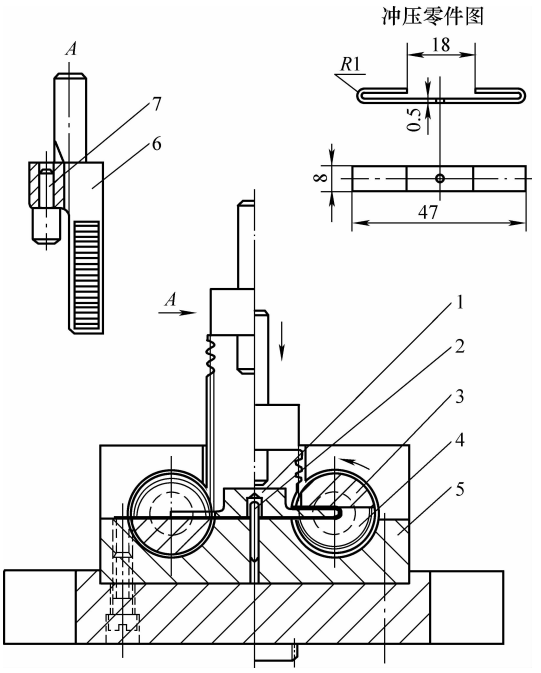


图 5-35　扁扣一次弯曲成形模

1—活动芯棒　2—定位销　3—滚轮摇板　4—齿轮　5—前座架　6—模柄齿条　7—限位柱

（10）非对称半圆弧零件一次弯曲成形模　图 5-36 所示为有不等直径的两个圆弧，分置零件两头，又不在同一平面上的异形弯曲件。由于该弯曲件弯曲部分不对称、不等高，给其弯曲模的结构设计造成困难。

该弯曲模结构采用固定凹模腔、浮动凸模的办法，解决弯曲零件两端高度差的问题，简化了模具结构，方便了制模。其工作过程如下：入模平毛坯靠凹模表面两端的挡头定位。待上模下行冲弯初始，先由弹顶板将毛坯压牢在凹模表面，摆动凸模 7 先弯一端低位的 R5. 5mm 圆弧，接着另一端凸模弯出高位 R6. 2mm 圆弧，两者圆心高度差 5mm，在一个行程的先后实施弯曲。弹顶板 3 会在上模回程中，将工件压在凹模表面，取件出模方便。

（11）异形片簧一次弯曲成形模　该弯曲件是用弹性大的 65Mn 弹簧钢带弯制，通常情况下，回弹较大。采用图 5-37 所示结构冲模，不仅能一次弯曲成形，而且回弹较小。

图 5-37 所示异形片簧滚轴式弯曲模，结构简单，操作方便。工作时，毛坯以两定位板定位，可以准确安放到位。凸模下行将毛坯先压成 U 形。凸模继续下压，迫使滚轴作逆时针转动，弯成所需形状。

8. 板料折边机与板料折弯机的弯曲件及弯曲模

除开关板、控制柜、操作台、仪表盘等大型面板、箱柜一类的大型弯曲件用板料折边机、板料折弯机，以及专用滚板机、板料成形机弯制外，小批量或一次性生产的中小型板料弯曲件，采用通用板料折边机与板料折弯机生产，不仅投产快，而且十分经济。

1）折边弯角成形的弯曲件及其弯曲模见图 5-38。

2）折叠成形的弯曲件及其弯曲模见图 5-39。

3）锁扣成形的弯曲件及其弯曲模见图 5-40。

4）弯角成形的弯曲件及其弯曲模见图 5-41。

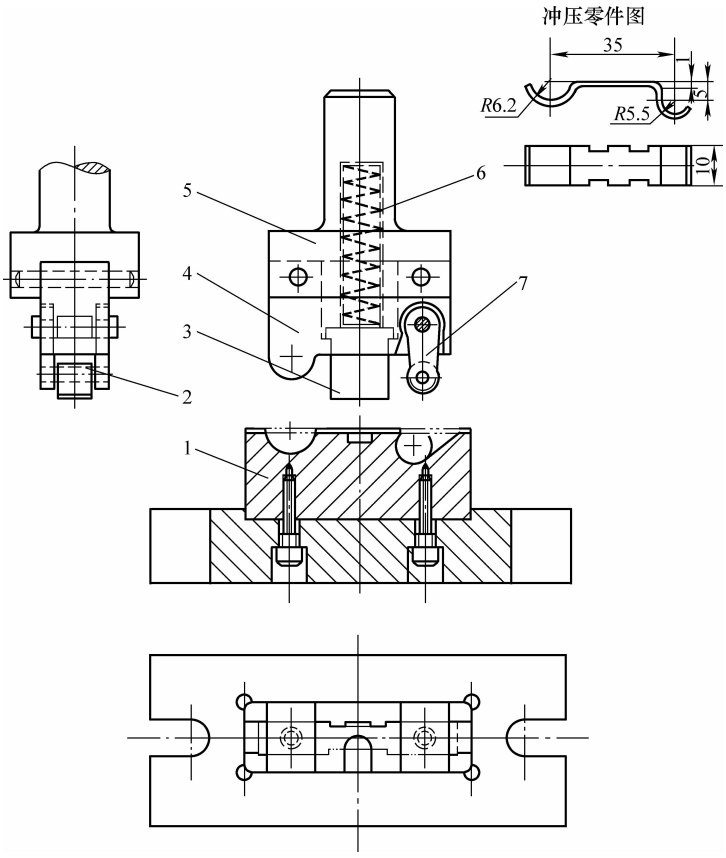


图 5-36　非对称半圆弧零件一次弯曲成形模

1—凹模　2—滚轮　3—弹顶板　4—凸模　5—模柄　6—弹簧　7—摆动凸模

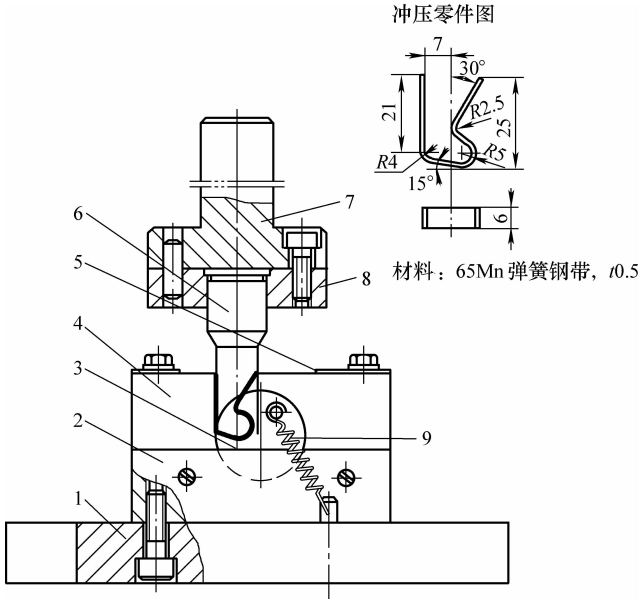


图 5-37　异形片簧一次弯曲成形模

1—下模座　2—挡板　3—滚轴　4—凹模　5—定位板　6—凸模　7—模柄　8—固定板　9—拉簧

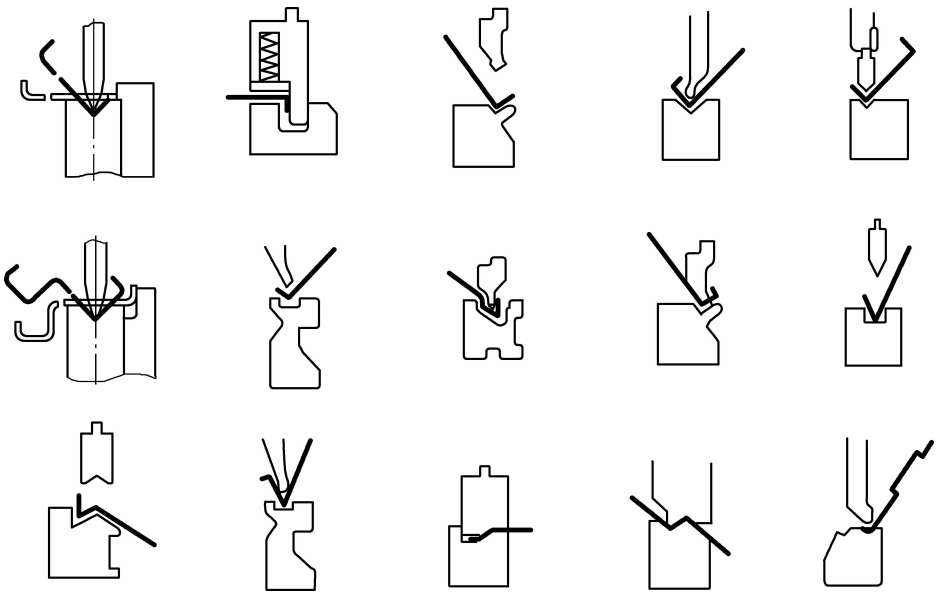


图 5-38　折边弯角成形的弯曲件及其弯曲模

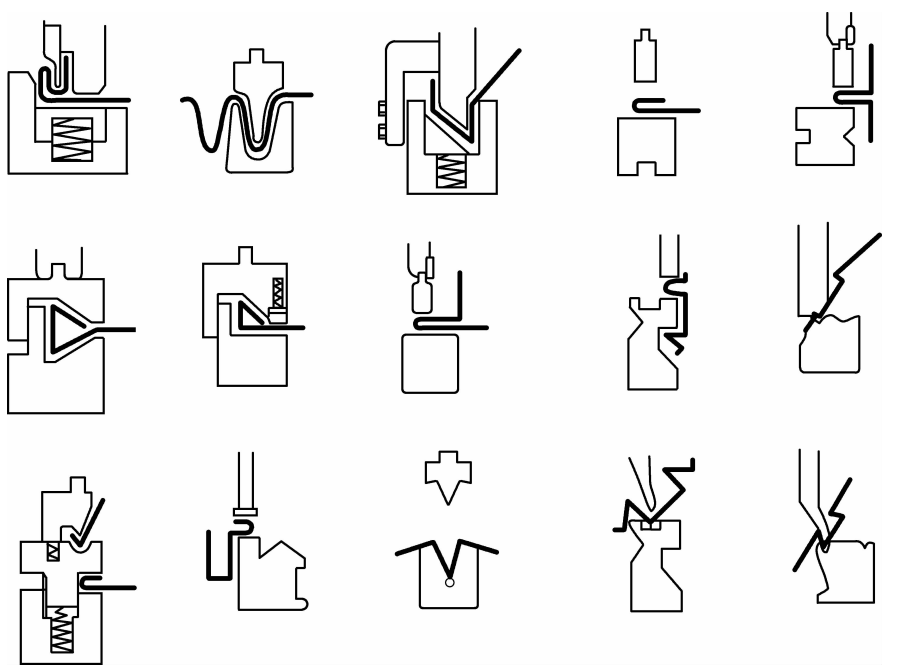


图 5-39　折叠成形的弯曲件及其弯曲模

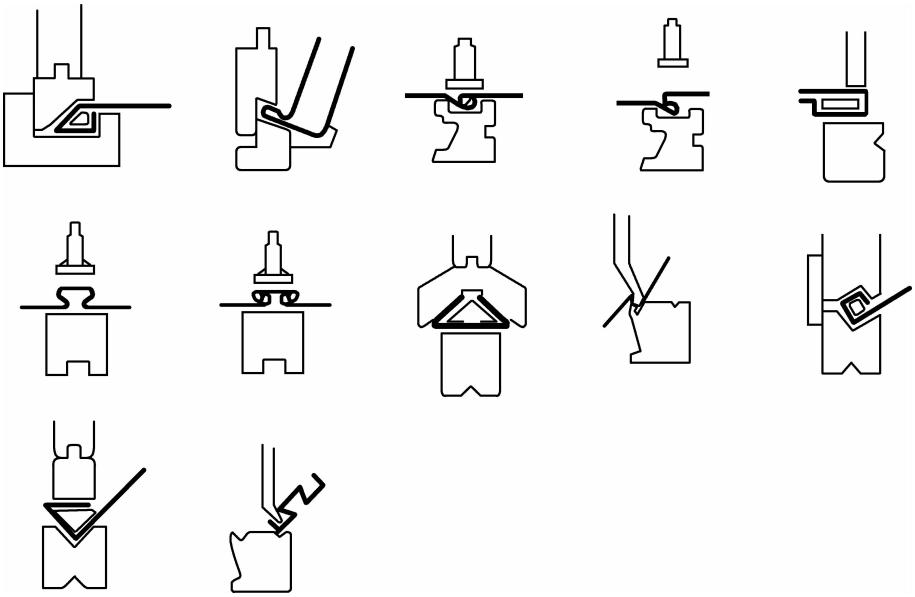


图 5-40　锁扣成形的弯曲件及其弯曲模

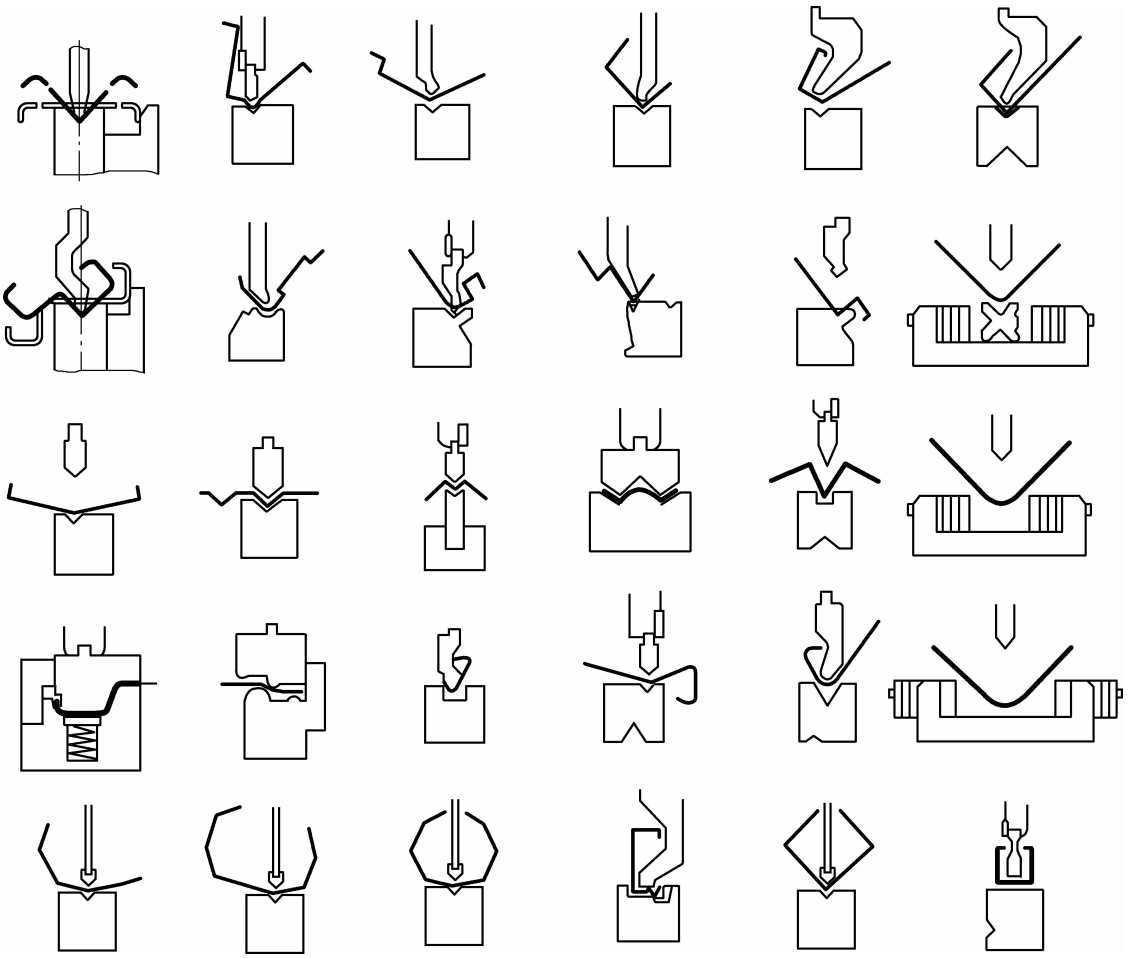


图 5-41　弯角成形的弯曲件及其弯曲模

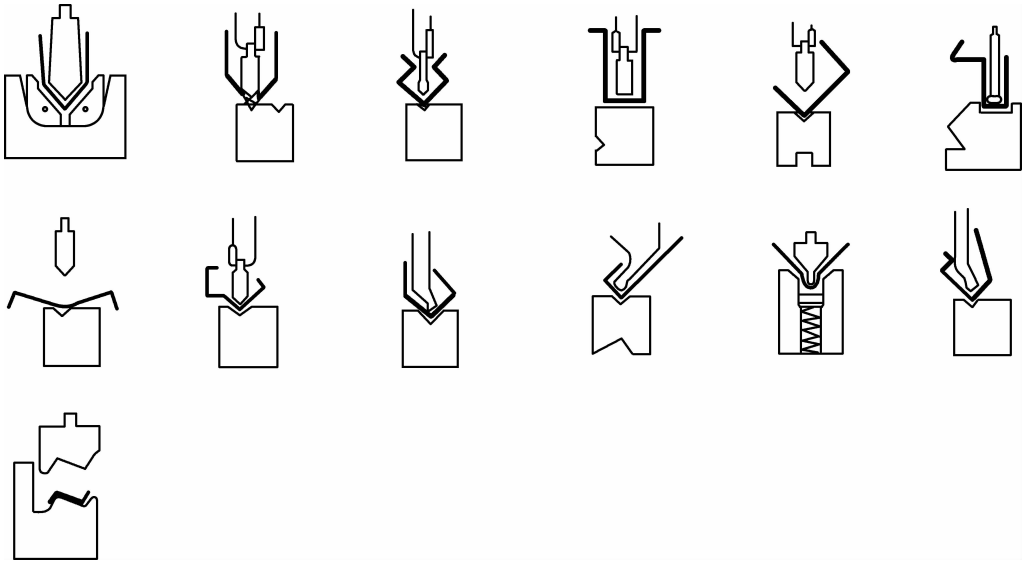


图 5-41　弯角成形的弯曲件及其弯曲模（续）

5）弯形及压形的弯曲件及其弯曲模见图 5-42。

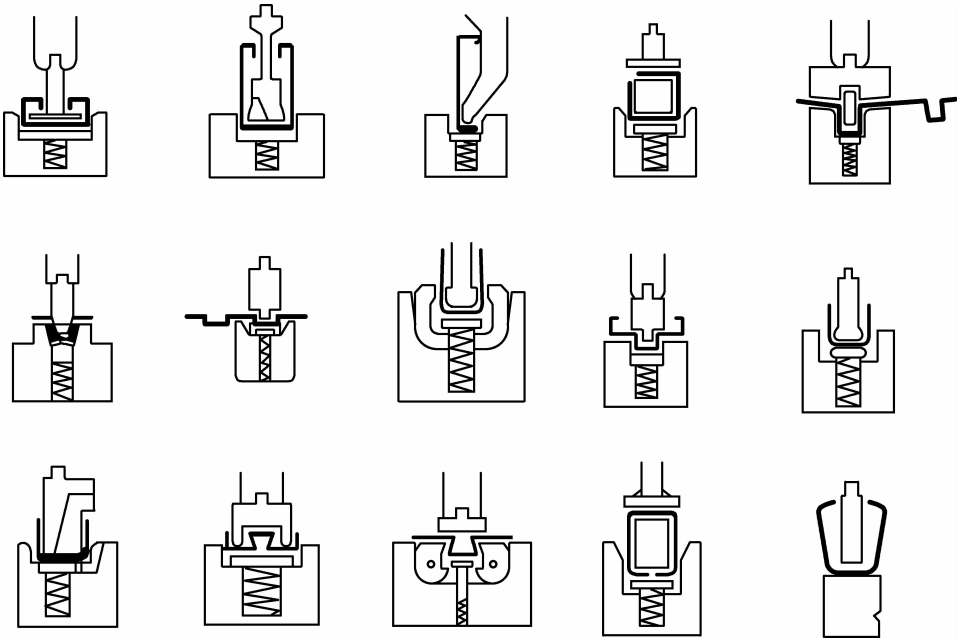


图 5-42　弯形及压形的弯曲件及其弯曲模

6）弯圆及圆弧的弯曲件及其弯曲模见图 5-43。

5.1.5　单工序弯曲模结构设计要点

所有单工序弯曲模从工艺功能上分为如下两大类：预弯曲模，也称坯件弯曲模；终弯模即成形弯曲模，通称弯曲模。

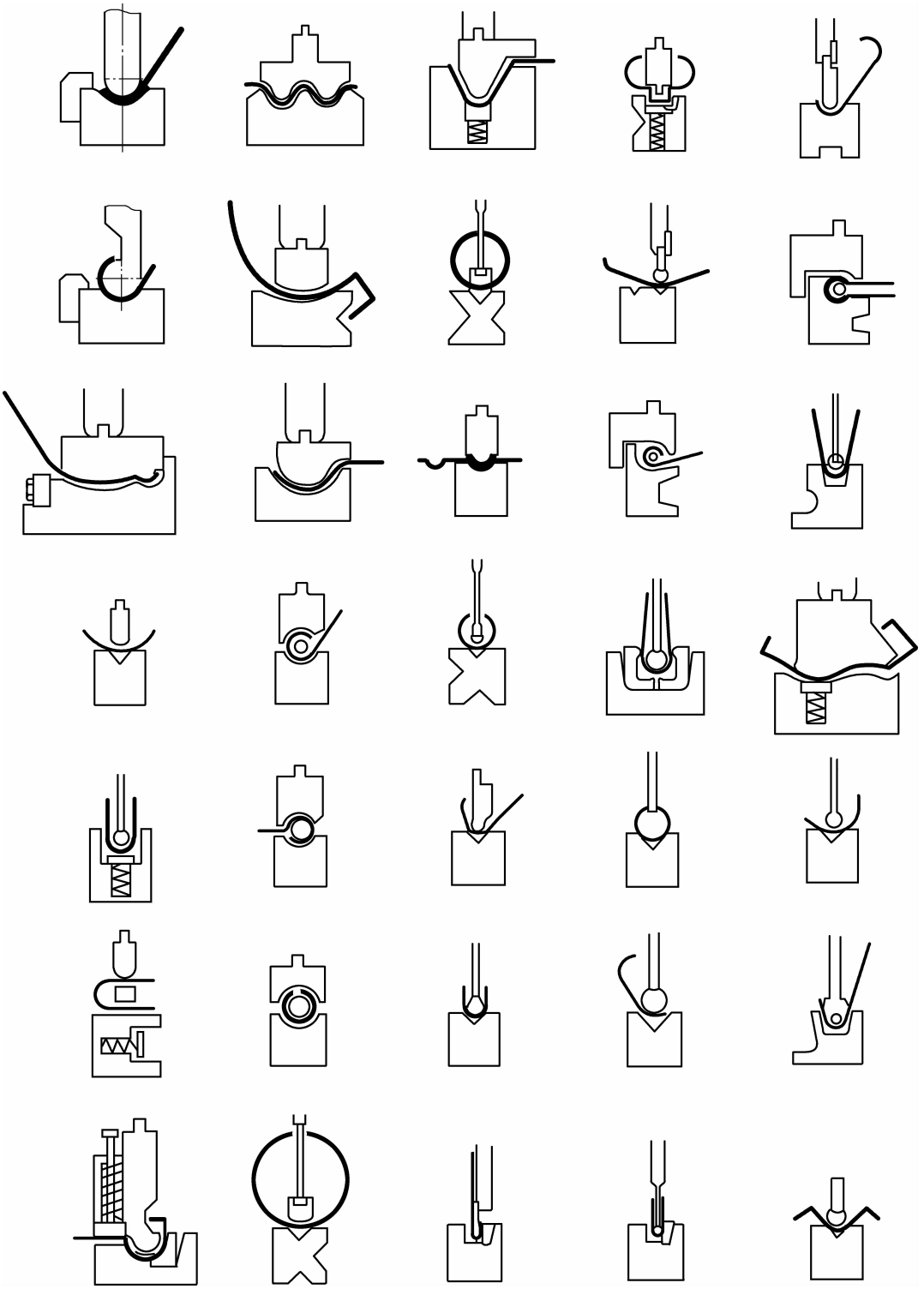


图 5-43　弯圆及圆弧的弯曲件及其弯曲模

有些几何与尺寸精度要求很高的弯曲件，一次弯曲成形往往达不到要求，故采用预弯曲制坯，再终弯成形。对于一些多角形带圆弧的弯曲件、圆形及卷圈弯曲件等，有时采用预弯

或增加终弯后校正工序。这种弯曲件为数很少，且随着各类弯曲件一次弯曲成形弯曲模结构设计的改进与完善，采用预弯工序的弯曲件越来越少。

终弯模在多数情况下，就是一次弯曲成形的弯曲模，下面介绍其结构设计要点。

1. 弯曲零件形状结构与弯曲模结构的关系

从弯曲模中取出的合格弯曲件，必须完全达到和超过弯曲件加工图样的要求。因此，弯曲模型腔即弯曲件成形的模腔，应该也必须按其加工图样设计。由平板毛坯弯曲成要求的弯曲件，在很多情况下，仅靠压力机输出的冲压方向的压力，是不能完全冲弯成形的；而需要从水平的、与冲压方向呈任意角度倾斜的，由里向外和由外向里，甚至由下向上的施力方向冲弯成形。这就需要各种不同的改变冲压力的冲压方向、进行各种位置与不同方式的弯曲动作的一套机构，这套改变冲压方向进行弯曲动作的执行机构，便是弯曲模结构设计的重要内容。

开式弯曲件，即弯曲件的弯曲部位是敞开的，无论是 V 形、⌴形、Z 形、L 形、半圆与凹口多角形，及其他弯形派生的弯曲件，都属于这一类开式弯曲件。多数可沿冲压方向施力，靠不同形状的弯曲模型腔约束弯形材料，冲弯成形。

闭式弯曲件，即弯曲件的弯曲部位是闭合的或虽留有缝隙，但其闭合口部远比弯曲成形的空间宽度小，造成“瓶颈”或“大肚”状的弯曲件。多数要采用有弯芯的弯曲模，并要改变冲压方向施力，依靠模具结构与模具型腔变化与配合，实现冲弯成形。

常用的改变压力机冲压方向、横向施力冲弯成形的弯曲模结构，有以下几种类型：

1）活动凹模式，包括滚动轴凹模（见图 5-6）、摆动夹凹模（见图 5-17、图 5-27b）、摆动块凹模（见图 5-9、图 5-10）、活动夹块凹模（见图 5-5）、铰链滑板式凹模（见图 5-18）、折板式凹模（见图 5-2）。

2）活动凸模式，包括摆动块凸模（见图 5-11）、杠杆式凸模（见图 5-30）、摆动滚轮式凸模（见图 5-36）。

3）斜楔传动侧向弯曲结构（见图 5-19、图 5-23、图 5-24、图 5-26、图 5-28）。

常用单工序弯曲模结构类型见图 5-44。

2. 单工序弯曲模的送料与出（卸）件

操作使用这类冲模的最大问题是安全，特别是人身安全问题。因为单工序弯曲模绝大多数采用单个毛坯片料或预弯半成品，都要手工送料入模。不少有芯弯曲模，从模芯上卸下及从模腔中取出零件，都是手工作业。而单工序弯曲模多数为无模架、无安全防护装置的敞开式冲模。操作这类冲模，工人多习惯手工送料，用脚踏开关。中小型弯曲件用弯曲模，多用 $F_{公称}<2500kN$ 的中小型压力机生产。机械压力机公称压力越小，其滑块运行频率越高。公称压力 $F_{公称}=630kN$ 的压力机标准行程次数 80 次/min，$F_{公称}=100kN$ 行程次数高达 135 次/min，但手工送料入模超过 40 ~ 60 次/min，即便是熟练冲压工，也很难承受。或许短时间可以坚持，时间长了就会疲劳，手送料脚踏开关的高速协调配合，难免出现误操作，诱发事故。

为了确保使用弯曲模的操作安全，应采取如下措施：

1）改进与完善弯曲模结构设计的合理性、安全性，在弯曲模上合适位置安装防护栅，采用各种模体外“料推料”式、滑槽式及滑板式等送料装置；对于常用的一般形状弯曲件用弯曲模，推荐采用楔传动滑板式自动送料装置和铰链连接的拉杆滑板式送料系统，使送料与卸件都能实现半自动化作业，见图 5-45、图 5-46。

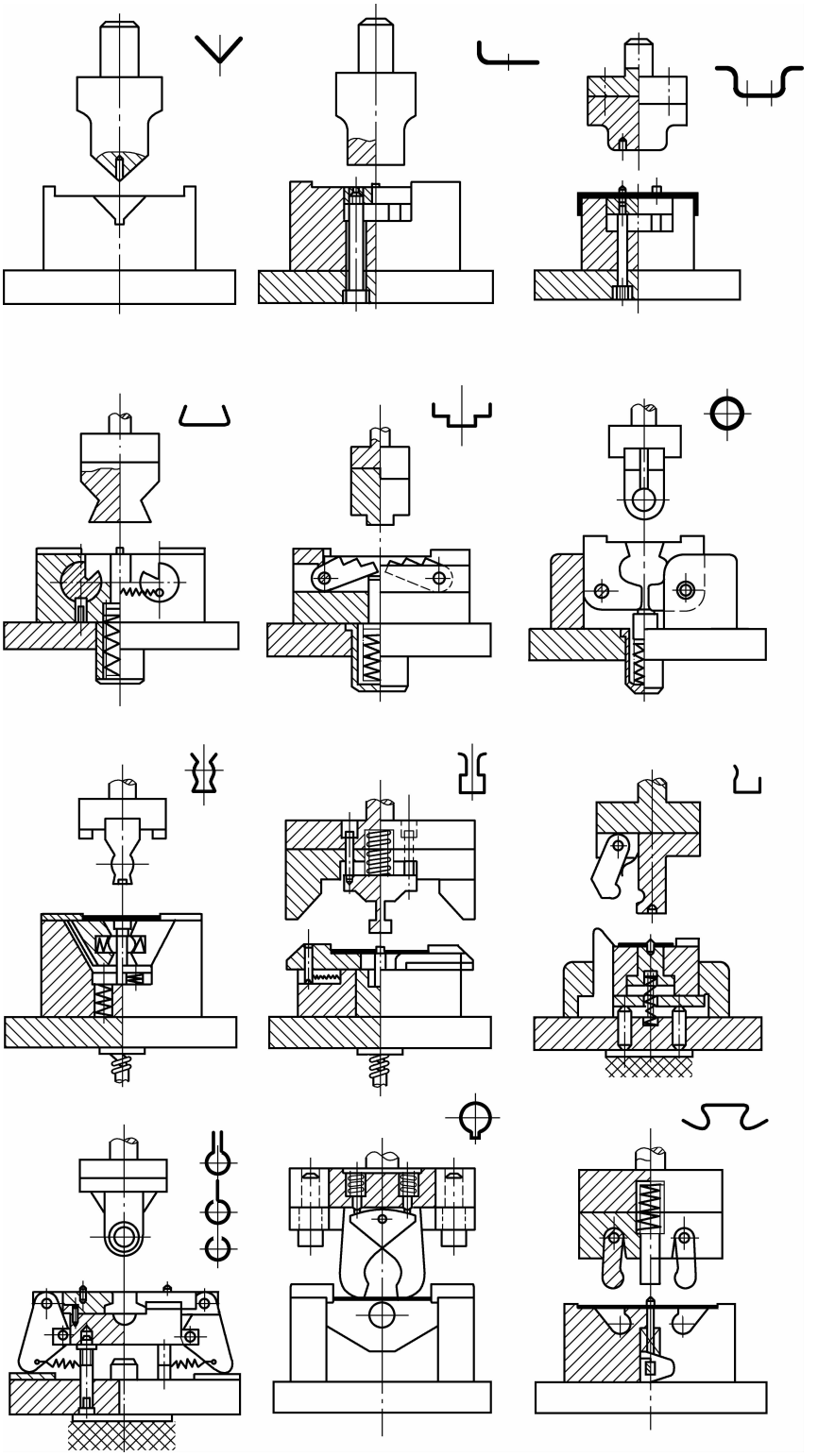


图 5-44　常用单工序弯曲模结构类型

2）在弯曲模上设计并采用自动卸（出）件机构，并推广使用手持工具送料取（卸）件，如各种不同形状钳口的手持夹钳、吸盘上料器、专用取件及卸件工具，不许直接用手入模送料取件。

3）采用具有双手操作开关的压力机进行弯曲作业。

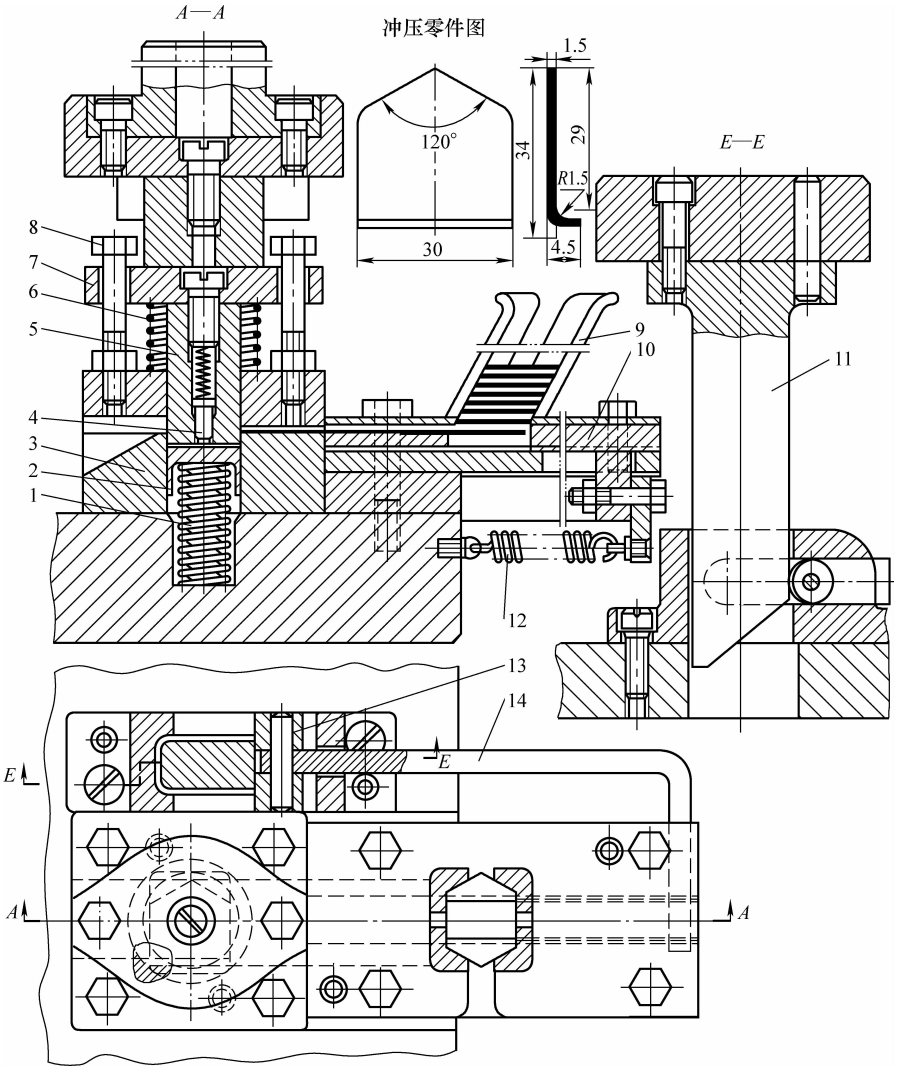


图 5-45　底板半自动弯曲模

1—弹簧　2—顶件器　3—出件坡　4—弹顶销　5—弯曲凸模　6—弹簧　7—弹压板
8—螺钉　9—料斗　10—推板　11—斜楔　12—拉簧　13—楔滑块　14—拉杆

图 5-45 所示底板弯曲件的展开平毛坯，是用另一套落料模冲出，经清理、校平除毛刺后叠齐装入料斗 9 内的。模具开启后，斜楔 11 与楔滑块 13 上的滚轮脱开，拉簧 12 拉动拉杆 14 及连接的推板 10，由右向左运动，将料斗中最下层的平毛坯，向左推送一件即一个送料进距，也就是一个毛坯宽度。首次开始冲压，要待毛坯一个接一个送至弯曲模位，就该模具而言，是送足 5 件，才开始冲弯出件。弯曲毛坯送至弯曲工位，由导料槽两边导料板的挡料止台定位，平毛坯弯曲成形后，上模回程，由斜楔 11 构成的送料系统，又送一只毛坯入模，后边的毛坯推动前边的毛坯，如此料推料，使最前边的毛坯将弯好的工件推出模，沿模

具旁边的落料坡滑落入压力机旁的零件箱。

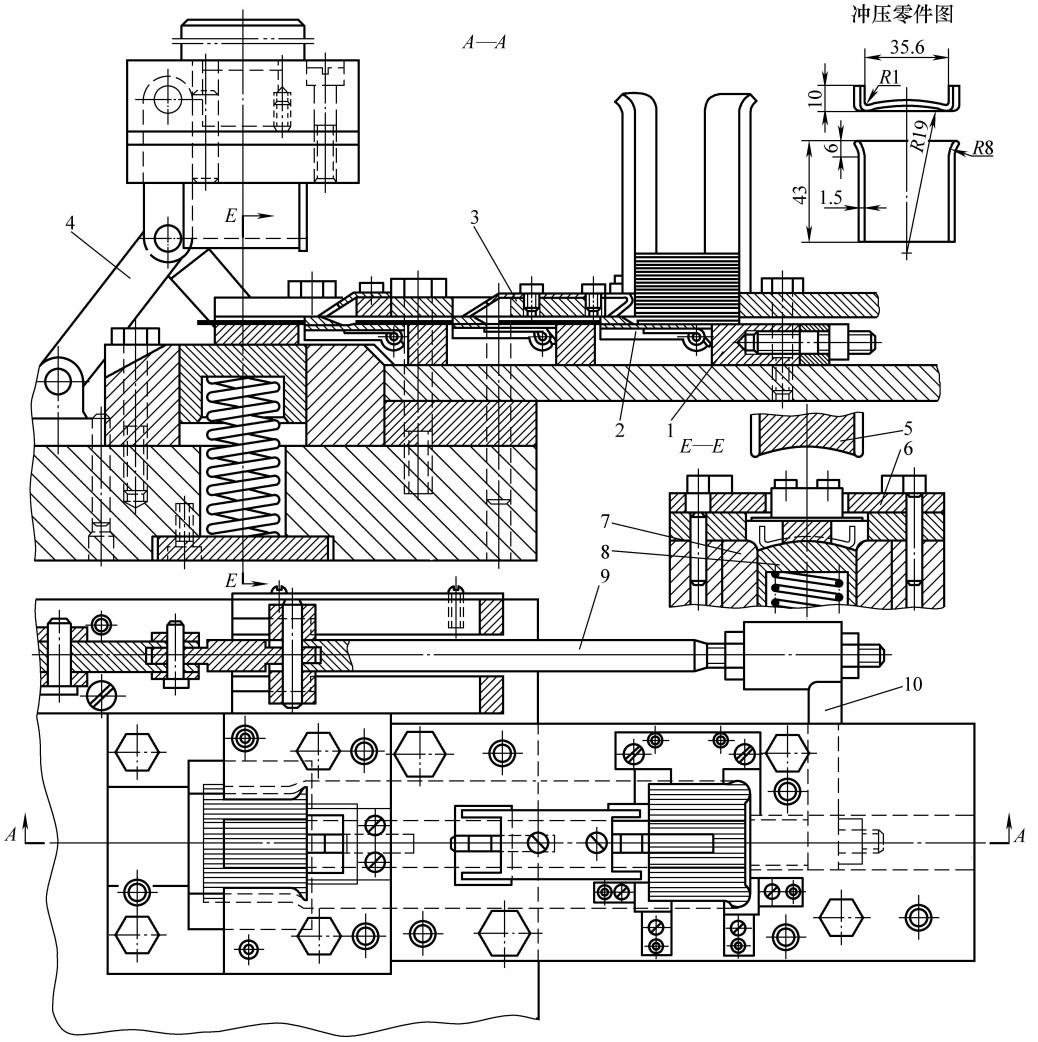


图 5-46　拱板弯曲件半自动弯曲模

1—推板　2—夹料板　3—压板　4—铰链四连杆　5—弯曲凸模　6—盖板　7—弯曲凹模
8—顶件器　9—拉杆　10—推杆

当上模下行冲压时，斜楔 11 利用其端头斜面插入楔滑块的楔孔，推动拉杆及推板向右运动，并将拉簧 12 拉开，准备下一个送料行程。

使用这种冲模，操作者只需把平毛坯叠齐，按时放入模具工作区之外的料斗里，即可开机冲压。

图 5-46 所示为拱板弯曲件半自动弯曲模。该弯曲模是采用铰链四连杆机构驱动的送料装置，使其毛坯入模及工件出模实现了自动化。其动作原理与图 5-45 大同小异，仅仅是把单作用驱动斜楔变成了铰链四连杆机构。

采用自动或半自动送料与卸件系统的弯曲模，消除了手工送料与卸件的安全隐患。

3. 自动卸件系统结构设计

使用有自动卸件功能的弯曲模，可消除手工卸件、取件的安全隐患。从图 5-47、

图 5-48两实例中可以看出，弯曲模的结构可实现自动卸件，从模上自动出件比较简便，而对操作人员的安全防护十分有效。

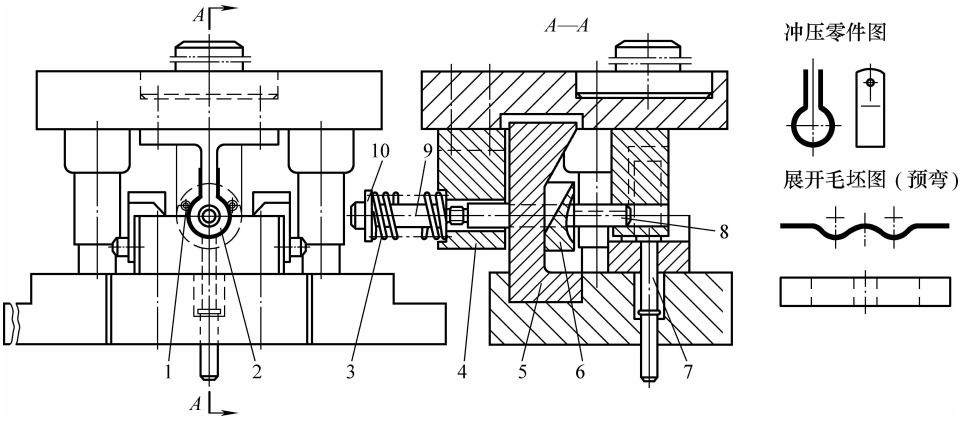


图 5-47　圆及类圆形弯曲件弯曲模自动卸件系统结构示例

1—固定销　2—弯芯　3—弹簧　4—支架　5—斜楔　6—卸件环　7—顶杆

8—可调芯轴　9—螺纹套筒　10—法兰盘

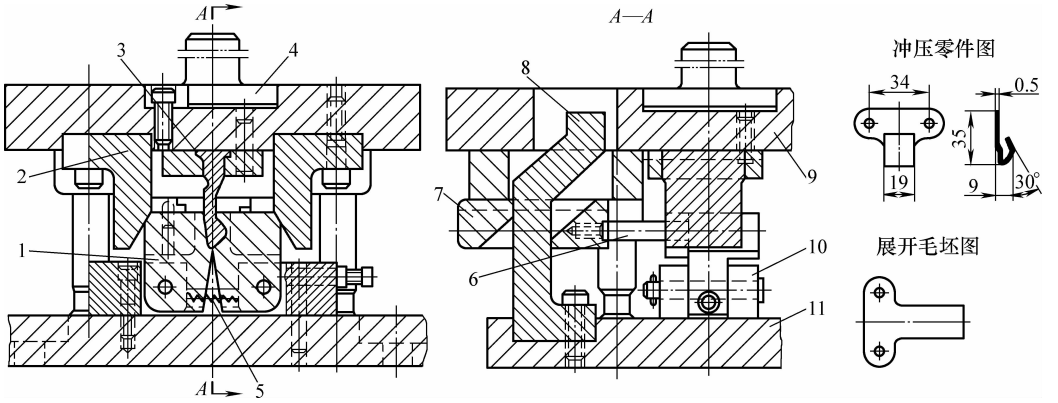


图 5-48　蝶形板弯曲件弯曲模自动卸件系统结构示例

1—摆动块凹模　2—单作用驱动楔　3—弯曲凸模　4—模柄　5—弹簧

6—卸件芯轴　7—楔滑块　8—双作用驱动楔　9—上模座　10—固定座　11—下模座

图 5-47 所示为圆管夹零件弯曲模。这套自动卸件系统的结构及工作过程如下：

自动卸件系统由装在上模座上的固定支架 4、卸件环 6、可调芯轴 8、弹簧 3、螺纹套筒 9 及法兰盘 10 等零件构成。固定支架正对弯芯中心，装在弯曲凸模的正后边，可调芯轴装在弯芯与固定支架对应的中心孔里，并可沿水平轴左右移动。可调芯轴中间装有卸件环 6，它靠斜楔 5 一边具有与楔斜面吻合的斜度，另一面是按卸件对象的形状而设计的，推卸接触弯曲件的型面；可调芯轴 8 与螺纹套筒 9，靠螺纹联接并可按需要调节芯轴长短；整个系统与弯曲作业协调一致工作，待弯曲工作完成后，上模回程即自动从弯芯上卸下工件。

闭式弯曲件大多采用有芯弯曲。除尺寸很小的闭式弯曲件，采用无芯弯曲亦无卸件困难，并可用吹卸、拨件器拨件出模而外，凡采用有芯弯曲的圆、类圆、方形、矩形等闭式弯曲件弯曲模，均可参照图 5-47 设计自动卸件系统。

图 5-48 所示为蝶形板弯曲件自动卸件弯曲模，其卸件系统的构造与工作过程，与图

5-47略有差别。

弯曲凹模是由两块摆动夹块构成的常开式活动凹模，弯曲零件弯曲成形后总是包在作为弯芯的凸模上。图 5-48 所示结构利用双作用驱动楔 8 驱动楔滑块 7，带动卸件芯轴 6 左右往复运动，自动推卸弯曲件出模。

4. 定位系统的设计

弯曲模定位系统的设计虽不复杂，但决定了弯曲件的线性尺寸精度，特别是对弯边长度的偏差控制。对于单工序弯曲模，尤其是一次弯曲成形的弯曲模，多数采用由专用落料模冲制的展开平毛坯，进行弯曲成形，故大都依平毛坯外形定位，少数另配导正销。用展开毛坯外形定位，可用侧挡销、局部挡料块、局部外廓定位板等实施定位。关键是定位点的选择要准，而且在弯曲变形过程中能约束毛坯窜动、翘起，从而减少弯曲偏差的效果。定位板厚度及定位面与定位毛坯接触面之间的定位间隙最大值 C_{max}，推荐按表 5-2 选取。

表 5-2　定位板的厚度及定位间隙最大值 C_{max}　　（单位：mm）

弯曲件料厚 t	≤1	>1～2	>2～3	>3～4.75	>4.75～6.3	>6.3～10	>10
定位板厚度	1.8～2.5	>2.5～3	>3～4.5	>4.5～5	>5～6.5	>6.5～10	>10～t
定位间隙 C_{max}	0.1	0.2	0.3	<0.5	0.5	0.5	0.5

图 5-49 所示为一长条形端头带一锐角的弯曲件弯曲模。初始靠凹模弯芯角顶定位，用上模弹压板压料，用侧楔驱动的活动凸模弯曲。从理论上讲，毛坯先由凸模与弯芯弯成 L 形，属自由弯曲，所需弯曲力很小，变形不大。再由活动式弯曲凸模 3，弯曲成形应无问题。实测弯曲件结果发现，弯曲件短边长短波动很大，而且都超差而成为次品或废品。

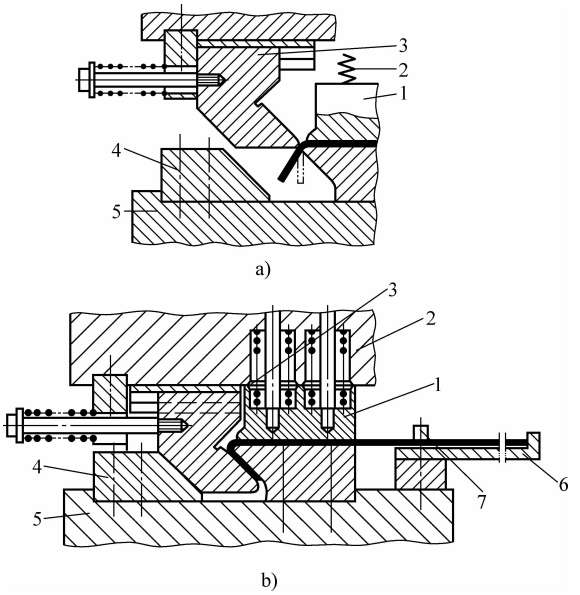


图 5-49　弯曲模定位系统改进示例

a）原来定位系统　b）改进后的定位系统

1—弹性压料板　2—弹簧　3—活动式弯曲凸模　4—固定斜楔　5—下模座

6—定位板　7—侧挡销

分析上述定位方法及冲模结构设计不当的原因如下：

1）板料弯曲力大于压料力，开始弯曲后随着坯料弯形，会拉动坯料使其向施加弯曲力

方向移动。

2）压料力太小，不能约束坯料滑移。

3）凸模弯曲坯料成 V 形后，向下拉动坯料力较大，这也是使弯曲件短边加长的原因。

根据以上分析，改进了弯曲模结构设计如图 5-49b 所示，主要改进方法如下：

1）增加毛坯定位板 6 及侧挡销 7，在定位板 6 末端设止退台，毛坯不能向右后退，并使毛坯入模放置准确到位。

2）将压料板压力加大并超过弯曲力，压紧坯料始终不能滑动。

3）将压簧及压料板嵌装模座内，确保压料板加力提升，与弯曲凸模下行弯曲力增大同步，坯料无法滑移。

弯曲模定位系统的设计，还要考虑弯曲件的形状与展开毛坯的尺寸。图 5-50 所示为长半圆槽弯曲件弯曲模的定位系统，其设计方法值得推广。

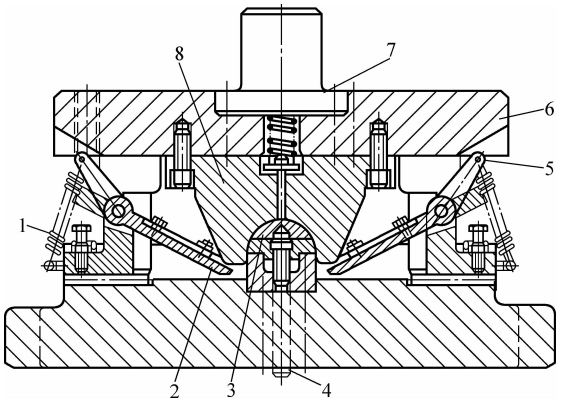


图 5-50　长半圆槽弯曲件弯曲模的定位系统

1—拉力弹簧　2—活动承料板　3—弯芯　4—顶杆　5—摇臂　6—上模座　7—模柄　8—上模

5. 止退台的设计

单角、非对称弯角、非对称弯曲形状的弯曲件，在弯曲成形过程中，要出现偏载，弯曲模的弯角部位要产生侧向压力，容易使模具，主要是弯曲凸模承受侧向压力而失去稳定。为了平衡和消减侧向力，在弯曲凹模弯曲角的对面，制出止退台。图 5-51 所示为几种不同单角弯曲件弯曲模所用止退台的结构形式及其设置，可供设计参考。

6. 消减弯曲角回弹的基本方法

根据弯曲件材料的力学性能与供应状态，料厚 t 及其偏差大小，采用不同的消减回弹的措施，主要看材料强度及硬度大小。因为强度大、硬度大的材料，弹性大、弯曲后回弹大。同样牌号的材料，供应状态不同，回弹值相差很大。如 H62 黄铜，有软态、半硬态及硬态的差异，弯曲后回弹各不相同；弯曲件料厚 t 及尺寸大小，对选用消减回弹的办法也有影响。通常从弯曲模结构设计的角度考虑，采用如下三种消减回弹的办法。

（1）负角弯曲法　依名义弯曲角为 0°角，大于弯曲角为正角，小于弯曲角为负角。计算负角是用弯曲角减去回弹角。弯曲模按负角制造，冲弯零件回弹后负角为 0°，弯曲件的弯曲角正好为图样上的名义弯曲角。这种办法的关键是要事先获得准确的回弹角 β 值。

弯曲件的回弹与众多因素有关，如材料种类、料厚、弯角、弯曲模的结构、弯曲成形方法等。要获得一个冲弯零件弯曲角的准确回弹值，可采用下面两种简单可行的办法：

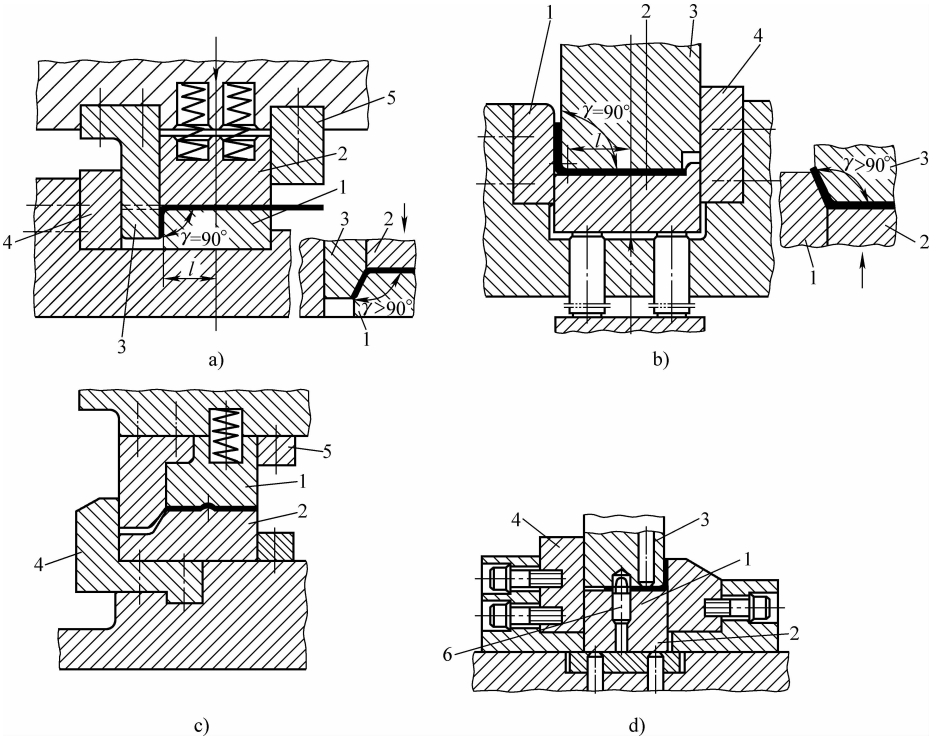


图 5-51　止退台的结构形式及其设置

a）反弯（即向下弯）的止退台设置及弯曲模结构　b）正弯（即向上弯）的止退台设置及弯曲模结构
c）带压筋、压凸的 >90° 弯角止退台设置及弯曲模结构　d）带导正定位孔的 90° 弯角止退台设置及弯曲模结构
1—弯曲凹模　2—弹压顶板　3—弯曲凸模　4—凹模止退台　5—凸模止退台　6—导正定位销

1）工艺试验法。用相同材料、相同尺寸、相同弯曲角的弯曲件，在相同或接近生产条件下进行工艺试验。以 8 ~ 10 件为一组，连续试弯不少于 3 组的试样，随时进行回弹实测，取其平均值。

2）试模修准法。按名义弯角的最小值制造弯曲凸模，通过试模修准更准确的凸模弯曲角。

负角弯曲法见图 5-52a。

推荐负角弯曲法在以下场合使用：

1）一般弹性不太大的材料，如中低碳钢、非铁金属等板料弯曲件。

2）回弹角 <5° 的弯曲件。

3）料厚 t 偏差小、料厚波动不大的板料弯曲件。

4）弯曲模间隙取料厚 t_{min} 值，克服回弹。

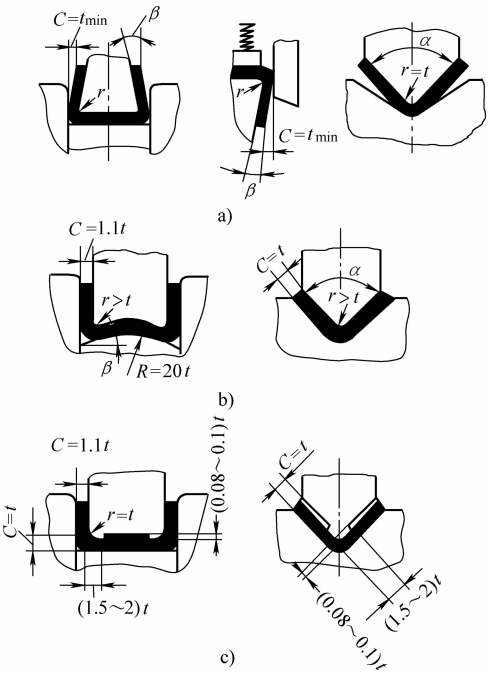


图 5-52　消减回弹的措施

a）负角弯曲法　b）补偿弯曲法　c）压印弯曲法

（2）补偿弯曲法　在制造弯曲模时，消减回弹的补偿措施有：⌴形弯曲件可制出补偿与平衡回弹的底边凸出圆弧；对单角 V 形弯曲件，可在凸模及凹模上制出补偿回弹角，克服弯曲后的回弹，见图 5-52b。

推荐补偿弯曲法在以下场合使用：

1）用于弹性大的材料：Q275、50、65、65Mn 钢等及硬度更高、强度更高、弹性更大的材料。

2）最小弯曲半径 $r_{min} > t$ 的上述各种材料弯曲件。

（3）压印弯曲法　在弯曲凸模上的弯角顶部制出类似压印或点牙校平的压印凸台，采用刚性冲击的镦挤弯曲，克服弯曲后的回弹，见图 5-52c。

推荐压印弯曲法在以下场合使用：

1）用于一般软材料：Q215、Q235、10、20 钢，H62 与 H68 黄铜等材料的弯曲件。

2）料厚 $t > 0.8$mm 的上述各种材料弯曲件。

3）最小弯曲半径 $r \geqslant t$ 的弯曲件。

5.2　多工位连续弯曲成形模结构设计

板料弯曲件，特别是形状复杂的、具有多弯角多向弯曲，并带有拉深、翻边或打凸、沉孔等一种或几种成形作业的立体形弯曲件，用多工位连续式复合模，直接由板、条、带、或卷料一模成形，其工艺与模具设计及制造，都是冲模技术中的顶级高技术，也是现代冲压技术发展的方向和重点。

5.2.1　板料弯曲件的现代冲压工艺技术

现代冲压技术将传统冲压技术，即为切削加工提供冲压毛坯的工艺技术，提升为直接冲制成品零件，改变了冲压工艺的毛坯生产性质；由传统冲压技术分序多模冲制一种零件，提升为一模成形，甚至一模多件，将冲压零件的工艺装备系数压缩到≤1，从而达到优质高产低消耗，获取更高的技术经济效益。

板料弯曲件的现代冲压工艺技术，是充分利用冲压材料的塑性，直接从板、条、带、卷等原材料，使用多工位连续式复合模，一模成形冲制出各种类型的板料弯曲件。

1. 弯曲件的无搭边排样连续冲压一模成形工艺技术

展开平毛坯可进行无搭边排样，进行连续冲孔—剪截、弯曲复合冲压的连续冲压工艺技术是板料冲压的少废料与无废料冲压的先进的、值得大力推广的工艺技术。

弯曲件的展开平毛坯外形，符合无搭边排样的条件，或稍加修改可以实施无搭边排样，带有孔、切口、槽孔等冲裁作业部位或带有压花、压筋、翻边等成形作业部位的单角 V 形、L 形或双角 U 形、多角⌴形，以及可沿冲压方向施力弯成形的其他形状弯曲件，均可采用这种连续冲压工艺，实施如下工艺过程：

1）冲孔—剪截、弯曲二工步连续复合冲压工艺过程。

2）冲孔（含切口）—成形（一个或几个变形工步）—剪截、弯曲多工位连续复合冲压工艺过程。

采用上述工艺过程，可采用“直送法”将原材料送到各工位，一般用板裁条料，手工送进，见图 5-53a、b、c。

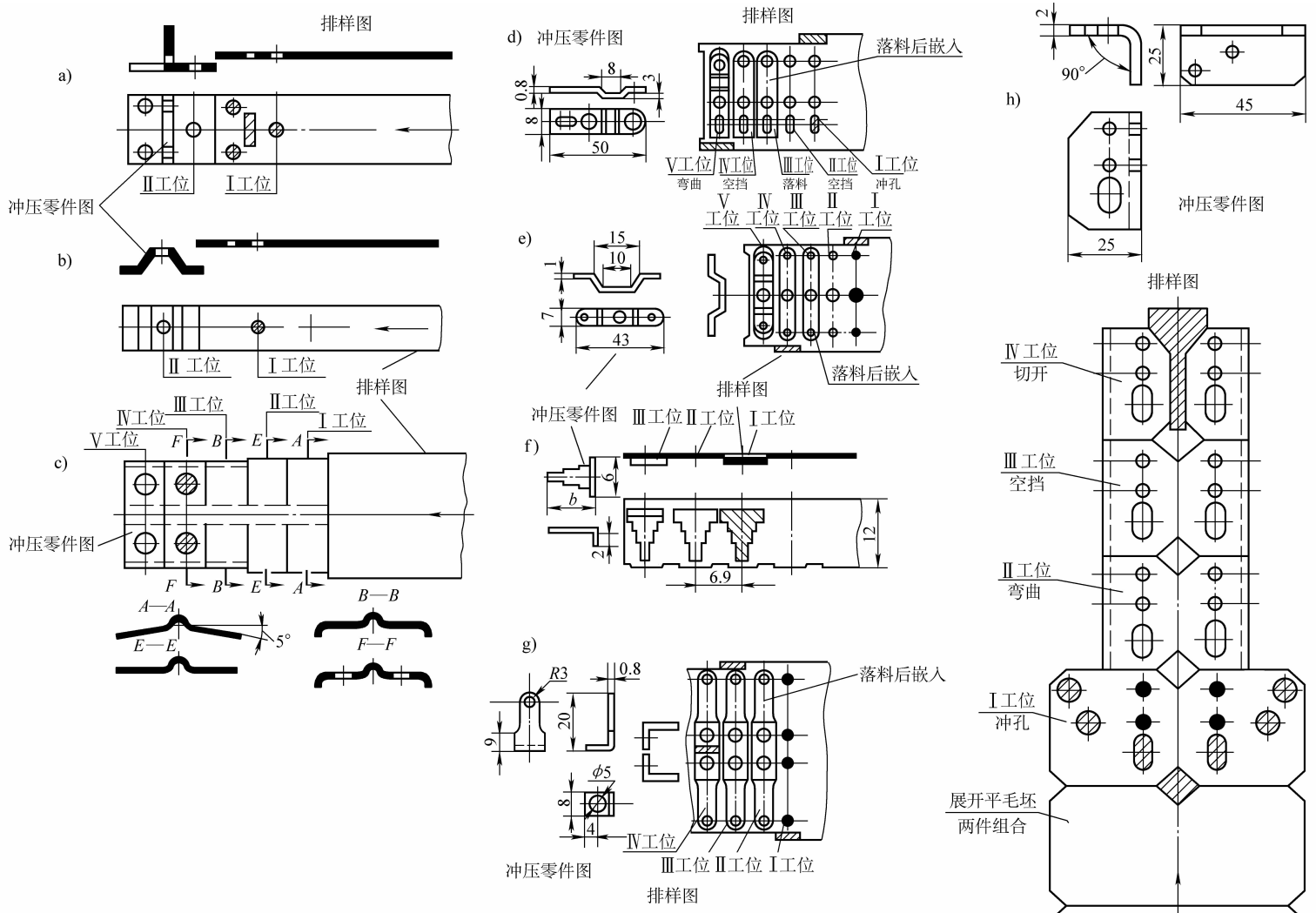


图 5-53　连续复合冲压的弯曲件排样图实例

a)、b)、c）无搭边排样实例　d)、e)、f)、g）整体落料后反顶嵌入原搭边框排样　h）单个平毛坯排样

2. 弯曲件的有搭边排样连续冲压一模成形工艺技术

展开平毛坯进行有搭边排样并在落料后弯形的连续冲压工艺，是薄料、小尺寸、高精度弯曲成形件连续冲压的方法之一。

实施这种连续冲压工艺，一般均采用如下几种冲压工艺过程：

1）冲孔—成形—整体落料毛坯，并反顶嵌入原搭边框—弯曲成形的多工位连续冲压工艺过程，适用于料厚 $t<2$mm、外形简单、平滑，并可在一个工位上弯曲成形的冲压零件。该工艺过程是用送进原材料携带工件的方法，实现各工位间送进，可使冲模诸工位沿材料送进方向，在同一平面呈直线布置，故模具结构简单，见图 5-53d ~ e。

2）单个或组合片状平毛坯—冲孔—成形—弯曲成形的多工位连续冲压工艺过程，适用于料厚 $t>1$mm 的冲压零件，展开平毛坯单个或两件组合由专用落料模提供，可用手工或滑板式送料系统逐件并用“料推料”传递法，推送入模连续冲压，见图 5-53h。

3）冲孔—落料毛坯，并由落料凸模推出落料凹模底孔—用专门送料系统推送毛坯至弯曲工位—弯曲成形。这种连续冲压的工艺过程适用于复杂形状、需要横向施力弯曲成形的弯曲件。其冲模装有专用推送工件至弯曲工位的送料机构，可以进行自动连续冲压，见图 5-54。

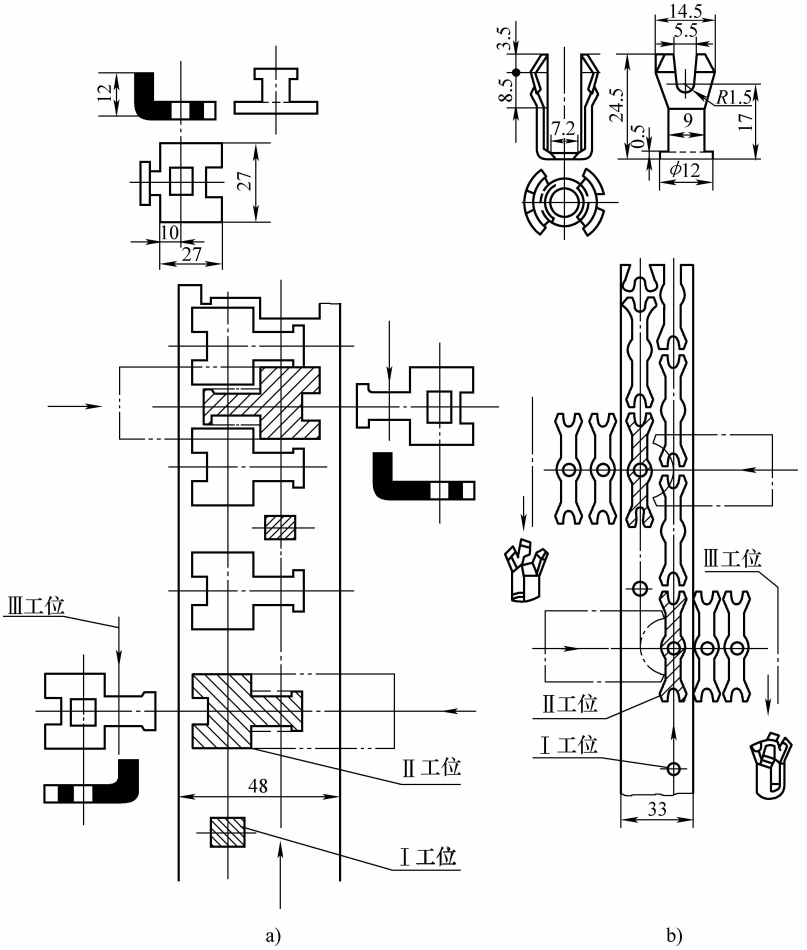


图 5-54　诸工位呈 L 形布局排样实例

a）实例 1　b）实例 2

3. 弯曲件的裁搭边排样连续冲压一模成形工艺技术

小尺寸、高精度、薄板料、复杂形状的弯曲件，依其具有多角、多凸台、多凹口等复杂外形为特征的展开平毛坯图，按连续冲压一模成形的冲压工艺方案，采用有搭边排样，用多工步分次逐步切除搭边与沿边的措施，在条料上获取弯曲件大部分外廓形状，仅留出中间搭边，作为送进原材料携带工件至各工位冲压加工的纽带，到最后工位弯曲后切断与原材料分离。弯曲件上的孔、内形、凸台、槽孔、凹口等平面冲裁加工，先于裁搭边开始，亦可穿插在各裁搭边工位中进行；弯曲件上需要压花、沉孔、打扁、打胖、压筋、翻边等成形加工的部位，应与裁搭边工位配合实施，如打扁使料减薄，需在其前一工位用裁搭边切口；翻边前预冲孔，则应在翻边成形的前一个工位冲出，一般这些成形工位安排在冲裁工步后进行，见图 5-55。

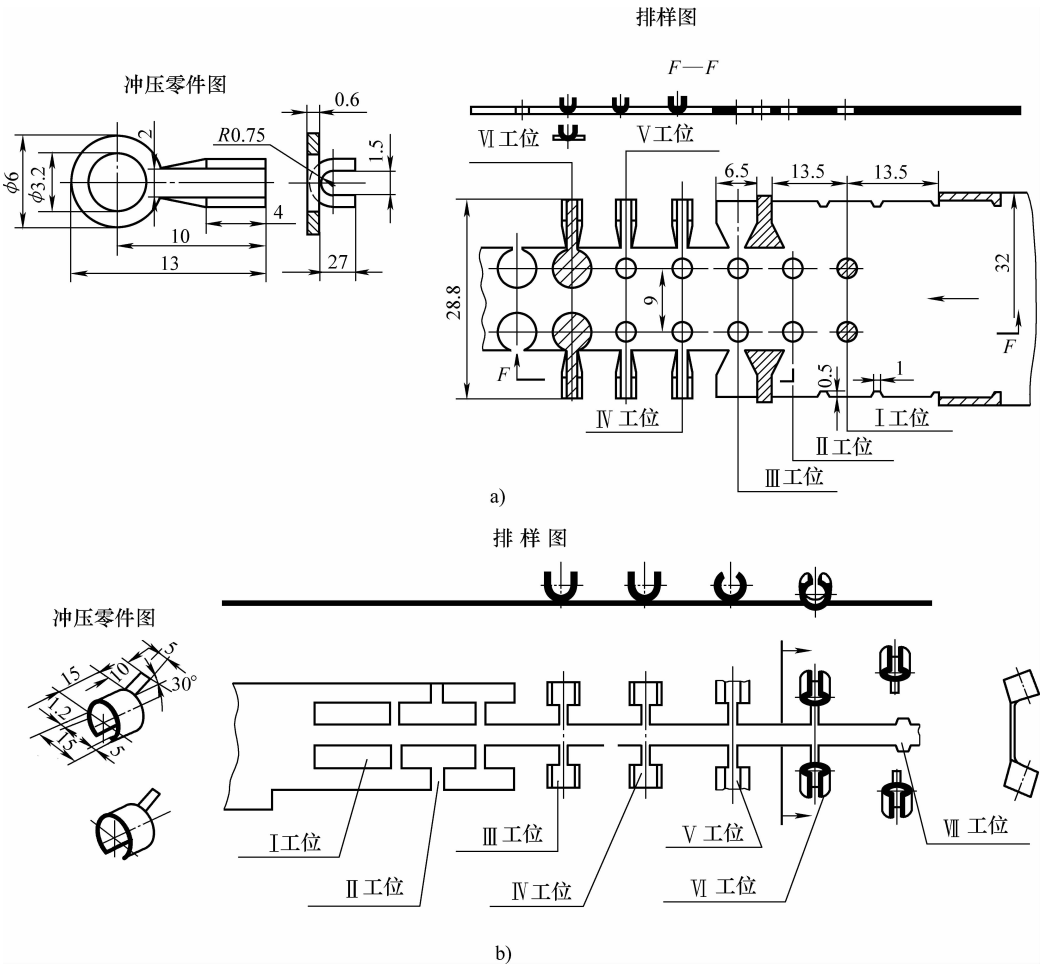
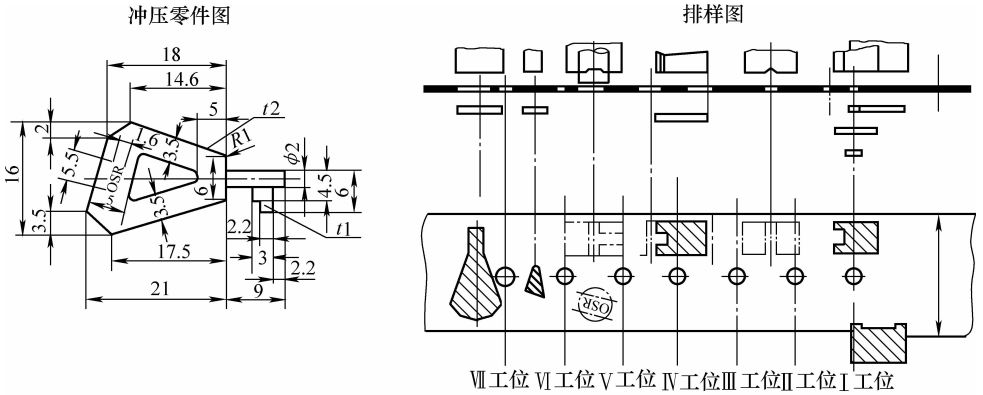


图 5-55　连续冲压弯曲件裁搭边排样实例

a）实例 1　b）实例 2



c)

图 5-55　连续冲压弯曲件裁搭边排样实例（续）

c）实例 3

该工艺的优点是，能确保冲模诸工位在同一凹模表面沿送料方向呈直线布置，可采用送进原材料携带工件实现对各工位送料，从而简化冲模结构并提高冲模的冲压精度。目前，国内在用多工位连续模一模成形冲制中小型弯曲件、复杂成形件中，广泛采用这种连续冲压工艺。

5.2.2　选择与设计板料弯曲件连续冲压一模成形的工艺过程

上述采用现代冲压工艺技术，在普通压力机上采用多工位连续式复合模，连续冲压一模成形冲制中小型板料弯曲件的三类多种连续冲压的工艺（过程）方案，可以满足一模成形冲制绝大多数弯曲件的需要，使用时只需按下列条件的内容与要求加以选择。

1. 生产规模、投产批量与模具寿命

冲压零件产量达到成批以上，甚至大批大量的生产规模，采用连续冲压一模成形效益更好。核定投产批量、年产量，与预计模具寿命对比，预算冲压零件生产成本。

2. 弯曲件连续冲压一模成形的工艺技术数据及技术要求

1）弯曲件料厚 $t<3\text{mm}$。

2）展开毛坯的最大尺寸长 × 宽 $=L_{\max}\times B_{\max}=250\text{mm}\times 200\text{mm}$。

3）弯曲件展开平毛坯的形状与尺寸结构、要求的尺寸精度、冲切面质量与毛刺方向等，均符合连续冲压的条件及工艺要求。

4）欲采用的排样类型，即无搭边还是有搭边或裁搭边排样，原材料供应类型、状态及性能与质量等，均适于连续冲压。

5）弯曲件弯曲角位置，及需要在非冲压方向施力弯曲、冲裁、成形的具体方向、位置及要采用的工位间送进方式，均适于连续冲压。

6）选用现有冲压设备的类型、技术规格及装模尺寸。

7）模具的效率、寿命及零件投产日期与交货期满足要求。

3. 连续冲压弯曲成形的工艺过程设计

大致选定了连续冲压工艺方法，就可着手设计一模成形的冲压工艺方案。由于工艺方案

的设计决定了排样图设计，而排样图对于连续模而言，是其结构设计的基础和组成部分。与需要排样图的单工位落料模与复合模不同，连续模的排样图是依据既定工艺方案设计的，并详尽表示出连续冲压的工艺过程，每个工位欲分离或使原材料变形的细部过程，都要图示清楚。此外，该排样图上还示出工位间送进方式、节制送料方法与装置、进距大小、各工位相互位置及搭边、沿边及料宽等，见图 5-53 ~ 图 5-55。

迄今为止，各类专业手册中，只介绍了单工位落料的排样类型及方式。这些单工位落料模与单工位复合模的排样图上，仅表示出了料宽 B、进距 S、料厚 t 及搭边与沿边宽度，以及排样形式等。冲压排样技术难在连续模冲压零件排样，它随冲压工艺（方案）过程变化，并受冲模结构设计制约。不仅难度大，而且无现成资料可查，但也有其规律性。

板料弯曲件的一模成形工艺过程，是从冲裁弯曲件上的孔、内形及凹口、槽孔冲裁等工步开始，与一般连续冲裁工艺过程无别，其难点在于弯曲成形。因为冲压零件弯曲成形后，进行冲孔、切口等，由于工件已成为立体形状，在连续模上冲孔等作业，不如在平毛坯上实施冲裁施力方向一致，送料方便，冲模结构简单。将弯曲件上所有冲裁和成形作业在平毛坯上完成之后，再送到最后的弯曲工位上弯曲成形，构成了较为顺畅、简便的板料弯曲件连续冲压一模成形的典型工艺过程，见图 5-55。

需要进行横向弯曲的工件，应在弯曲工位上设置横向施力冲弯机构，一般是安装斜楔传动装置，将垂直的冲压力转变成水平的、与冲压方向呈任意角度的，由里向外或由外向里以及由下向上的压力，进行弯曲冲压，见图 5-54。

5.2.3 典型弯曲件及其冲模结构

1. 角板多弯角冲压零件连续式复合模

该弯曲零件见图 5-56，其尺寸精度不高，材料为 20 钢冷轧钢板，料厚 $t = 1.5\text{mm}$，有三个 90°的 L 形弯角。虽弯边高度相差较大且形状不同，但好在各弯曲角弯曲方向一致，都沿冲压方向弯曲。中间两个 $\phi 3\text{mm}$ 孔和一个长 × 宽 = 10mm × 7mm 的长圆孔，可一次冲出。经过工艺分析后，决定用连续复合模一模成形，采用无沿边裁搭边排样，使用板裁条料，使条料宽度 $B = 32_{-0.15}^{0}\text{mm}$，与工件宽度 32mm 相等，没有沿边。用裁搭边获取展开平毛坯外形，仅留中间 8mm × 12mm 的搭边，作为工件与条料连接的纽带，待最后工位进行切断弯曲复合冲压时切断分离。

2. 圆钩弯曲件组合成对弯曲一模成形连续式复合模

图 5-57 所示圆钩冲压零件是用 10 钢冷轧钢板弯制而成的，料厚 $t = 1\text{mm}$。其展开平毛坯是一端有槽口，另一端有孔的矩形片料。欲一模成形需沿水平方向弯曲圆钩。但单件弯曲势必使冲模产生很大的侧向力，尤其对于有小孔、窄槽口冲裁的连续模，在连续冲压过程中任何方向出现的侧向力，都会使凸模产生纵向弯曲而折断，至少使冲裁间隙发生局部改变，使模具出现不均匀磨损并难以平稳运作。为平衡水平弯曲力，采用成对组合对称有搭边有沿边排样，设计用一双成形侧刃，使沿边与搭边组合裁切。在裁沿边的同时，冲切出展开平毛坯的槽口，冲出另一端小孔后相向成对弯形，详见图 5-57 的排样图。

根据其排样图表示出的一模成形的工艺过程，具有先进、合理、紧凑、高效的优点。现就其连续冲压过程及冲模结构设计介绍用如下：

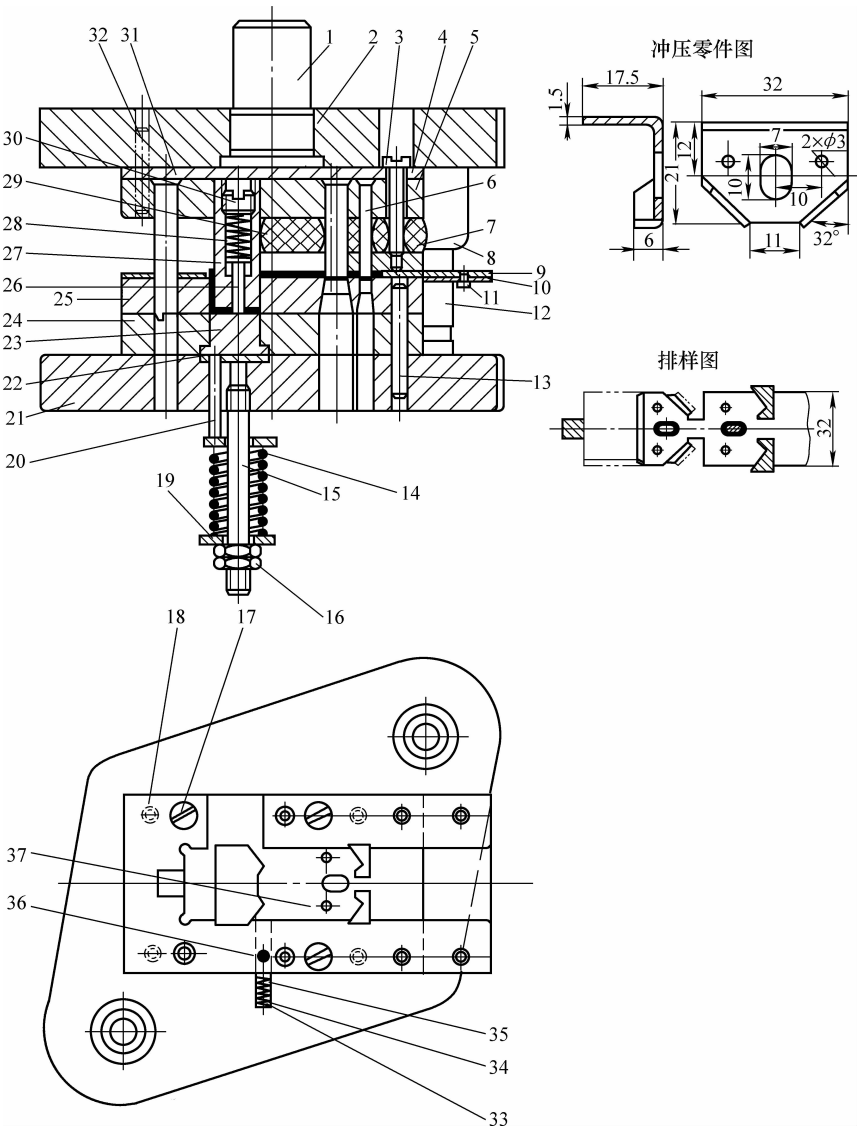


图 5-56　角板多弯角冲压零件连续式复合模

1—模柄　2—上模座　3、11、17、18、30—螺钉　4、31—垫板　5—凸模固定板　6—裁搭边切口凸模　7、29—橡胶体　8—导套　9—导料板　10—承料板　12—导柱　13、32、36—销钉　14、28、35—弹簧　15—螺杆　16—螺母　19—垫盘　20—顶杆　21—下模座　22—垫板　23—弹顶垫　24—空心垫板　25、37—凹模板　26—弹顶销　27—弯曲凸模　33—始用挡料销　34—滑销

条（带）料入模后，第Ⅰ工位由一双成形侧刃，在条料两边裁切沿边并与中间搭边拼切出端头槽口。成形侧刃沿送料方向的长度 L 等于送料进距 S，从严控制着送料进距。第Ⅱ工位冲出展开平毛坯另一端的小孔，即并列排样在中间搭边两边的两个小孔。第Ⅲ工位用装在该工位端部、对称位置的两组双作用斜楔传动机构，其楔滑块上装有卷圆凹模。在斜楔驱动下，沿水平面垂直于送料方向，对称两组楔滑块同时相向冲弯成形。第Ⅳ工位切断分离出成品工件。为确保横向冲弯质量，采用弹压卸料板压牢毛坯，并在其上模装导正销，对送至第Ⅲ工位的工件，用导正定位销 6，先插入在第Ⅱ工位冲制的小孔中校准定位，保证送料偏差 $<0.1\text{mm}$。

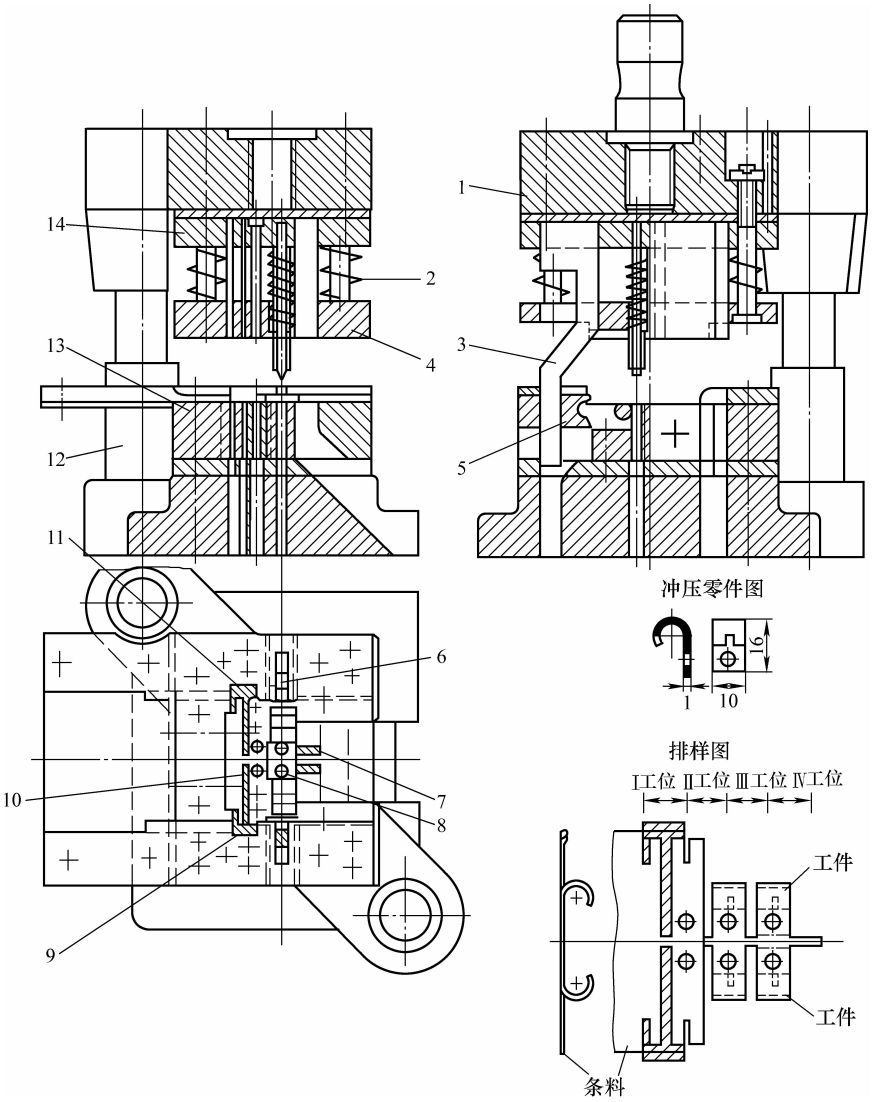


图 5-57　圆钩弯曲件组合成对弯曲一模成形连续式复合模

1—上模座　2、11—垫板　3—凸模固定板　4—弹压卸料板　5—切断分离凸模　6—导正定位（弹顶）销　7—楔滑块活动弯曲凹模　8—侧楔　9—侧楔孔　10—成形侧刃　12—凹模　13—冲孔凸模　14—导柱

3. 齿夹弯曲件一模成形连续式复合模

齿夹是箱包背带头加固装饰件，尺寸精度要求不高，但对外观质量有一定要求：平整、无碰伤及擦伤划痕，无手感及肉眼可见毛刺，以便确保较好的外观装饰效果。该零件采用 H68 黄铜冲制，料厚为 0.5mm，后续镀装饰铬。冲压零件图及连续式复合模见图 5-58。

冲压工艺采用单列横置有搭边直排，用搭边与沿边组合冲切排样，用送进原材料携带工件至各工位冲裁、弯曲成形，最后切断分离并弯出侧面短边。具体工位及冲压工步安排如下：

第Ⅰ工位冲中心小孔，为第 1 工步。

第Ⅱ工位用对称设置的成形侧刃，冲切边沿及中部大部分外廓，仅留中间宽约 16mm 的搭边，作为送料携带工件的纽带。将工件始终保留在原材料上，以便到各工位冲压加工。这是第 2 工步。

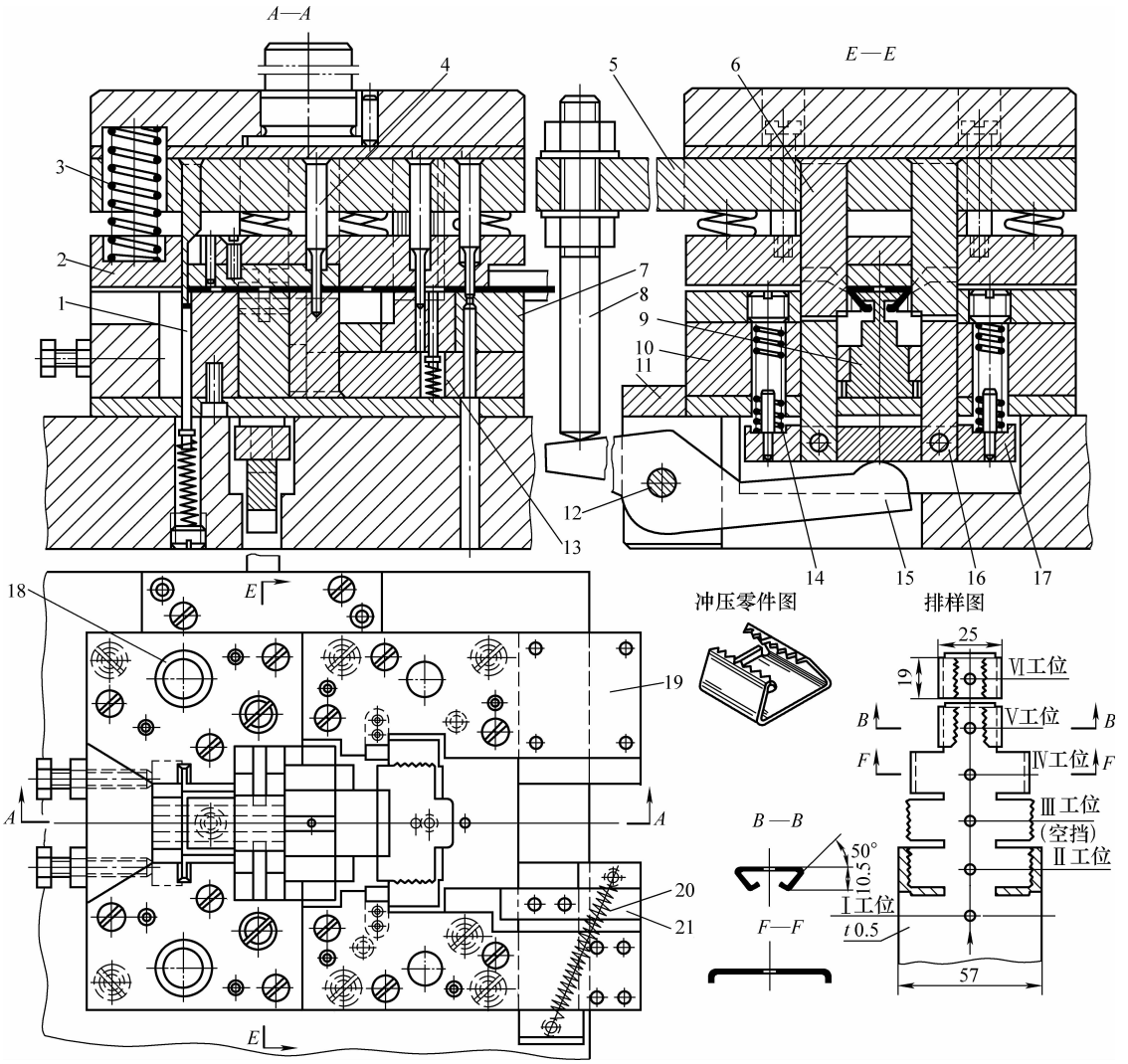


图 5-58　齿夹弯曲件一模成形连续式复合模

1—顶件器　2—弹压卸料板　3、14—弹簧　4—导正凸模　5—凸模固定板　6—卸件系统　7—凹模　8—压杆　9—弯芯　10—凹模框　11—固定台　12—转轴　13—可伸缩挡料销　15—撬杆　16—顶杆　17—横梁　18—导柱　19—导料板　20—拉簧　21—侧压装置

第Ⅲ工位为空挡。

第Ⅳ工位弯成⊓形，见排样图 *F*—*F* 剖视图。这是第 3 工步。

第Ⅴ工位弯成形，见排样图 *B*—*B* 剖视图。这是第 4 工步。

第Ⅵ工位切断分离并弯曲侧面短边。这是第 5 工步。

经Ⅵ工位 5 个冲压工步冲制完成的零件，由最后弯侧面短边工位的凹模顶件器 1，将零件顶出模。

这套Ⅵ工位 5 工步的连续式复合模的结构设计有以下特点：

1）工位安排：先冲孔、冲切沿边与搭边，再二次弯曲成形，最后切断分离并弯出侧面短边，进行复合冲压。工步顺序安排顺畅：先冲裁、后弯形，最后切断分离，属于一般连续式复合模常规排样模式。其中，值得注意的是，采用二次反向弯曲成形，简化了冲模结构，

而且保持诸工位沿送料方向在同一平面呈直线布置，为用携带法实施工位间送进创造了条件。

2）定位系统的设计别具匠心，十分实用而精巧。采用可伸缩式挡料销 13，确保板裁条料或带料入模首件定位；用导正凸模 4 在Ⅱ、Ⅲ工位导正定位，保证这两个关键工位的冲压精度，实际上控制了整个工艺过程各工位及冲制出零件的尺寸与几何精度。虽然在上模增加了两件导正凸模，但省去了始用挡料装置，制模方便多了。

3）为了防止板裁条料或带料边沿不齐或料宽偏差大，在模具入料口安装了侧压装置 21。

4）凹模采取按工位分体镶拼组合结构，制造、修理很方便。

5）卸件采用上模压杆 8，驱动埋装在下模座中的铰链杠杆系统，推动弹簧与卸料机构卸件。

4. 线夹一模三件连续式复合模

产量很大、形状简单又无精度要求的线夹弯曲件，其冲压工艺及其一模成形连续式复合模的结构设计，都有其独到之处。

图 5-59 所示为线夹弯曲件及排样图、模具图。从图中可以看出其排样及模具结构设计的特点。

该零件采用并排三列纵置、搭边与沿边组合冲切排样。冲压工艺用非标准切边侧刃，进行搭边与沿边组合冲切、冲孔、弯曲、切断分离四个工步。最后工位的切断属于成形刃口剪切，冲切出半径 $R5$mm 的圆弧，见排样图。

上述冲压工艺方案与排样图设计，可以一模三件，连续冲压，生产率很高。但也有如下一些问题，需要在冲模的结构设计中，给予很好解决。

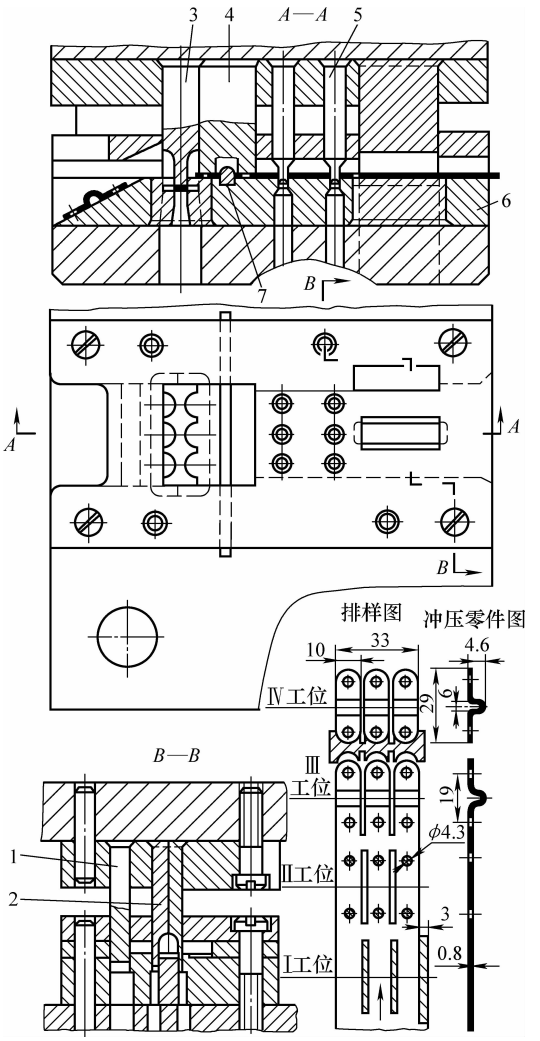


图 5-59　线夹一模三件连续式复合模

1—切沿边凸模　2—裁中间搭边凸模　3—切断凸模
4—压弯凸模　5—冲孔凸模　6—凹模框
7—压弯成形下模镶条

1）冲压零件料厚 $t = 0.8$mm，材料为 Q235 钢板，按常规，搭边与沿边宽度 $b = 0.8 \sim 1$mm。零件展开长度 $L_{件} \approx 38.5$mm。并列三排要切除两个中间搭边、一个沿边，其长度约 28.5mm。冲切沿边的侧刃断面可按结构设计需要加厚，强度与抗纵弯能力都无问题，只要在其刃口端面外侧加一个宽度为其断面宽度 1/3、但不小于 2mm 的凸台，该凸台高大于 3 倍的冲压料厚（即 2.4mm），作为侧刃导头，平衡冲切沿边的偏载，确保模具平稳运作；中间两条搭边宽仅 0.8 ~ 1.0mm、长达 28.5mm 的冲切凸模非常薄弱，结构设计要妥善解决。

2）Ⅲ工位压弯，毛坯要回缩起弯 $R3$mm，切断与压弯要分先后。否则，不是压弯不够4.6mm高，便是零件长度不够29mm长。

3）最后切断为并列三圆弧两边成形冲裁，中间搭边很窄，凸模易损坏。

4）一模三件的成品出模必须全自动，否则会影响高速连续冲压。

该模具结构设计中，将三列排样的中间搭边增大，由 $b=0.8\sim1.0$mm，加大到 $b=1.5$mm，中间搭边冲切凸模采用拼块结构，且刃口段长度仅5.5mm，其余全长按两刃口间距10mm加固，提高了裁搭边凸模强度及抗纵弯刚度；缩短压弯凸模，先切断后压弯成形；最后切断工位出件，外侧制出>20°的落件坡；切断、裁搭边凹模及弯曲下模采用镶拼结构，如图5-59所示模具图。采取这些结构设计解决了上述工艺难题。

5. 接触片一模三件连续式复合模

图5-60所示为开关触点接触片一模三件连续式复合模。该零件采用QSn6.5-0.1锡青铜带料，厚度 $t=0.2$mm，产量大，属大量生产性质。

该零件形状较复杂，除有宽仅1.2mm的尾部支臂外，中部有长×宽 $=1.65^{+0.06}_{0}$mm×$0.55^{+0.06}_{0}$mm的矩形孔两个，头部有 $R1.2$mm的球面凸包和长为（6.05 ± 0.1）mm的20°弯角。

这个零件的冲压加工难点在于：

1）线性尺寸精度要求高。零件本身尺寸小，最大宽度仅3mm，长度也仅约为16mm，但两个小矩形孔为：长×宽 $=1.65^{+0.06}_{0}$mm×$0.55^{+0.06}_{0}$mm，孔边壁厚仅0.675mm；两孔中心距也只有 $3^{+0.06}_{0}$mm，孔间壁厚仅2.45mm，尾部支臂宽1.2mm，其两边台阶宽仅0.9mm等。这样小的冲孔与外形冲裁尺寸，特别是孔边壁厚仅0.675mm，很难用单工位复合模冲制。

2）零件头部20°折弯及 $R1.2$mm的球面凸包，不仅冲压成形较难，而且其冲压工步的顺序也要考虑，是在弯曲前还是在弯曲后打凸包。平毛坯上打凸包方便，但弯曲过程中不易保证成形部位不变形。

3）打球面凸包的部分外形 $R1.25$mm，打凸球面半径 $R1.2$mm，每边凸缘壁厚仅0.05mm。

针对该冲压零件的复杂外形及高精度要求，其工艺方案采用连续式复合冲压成形，排样图设计表明其冲压工艺的可行性及冲模结构的可靠性。

该冲压零件采用三列并排、沿边与搭边组合冲切排样方式，用错开布置于导料槽两边的成形侧刃，控制送料进距 S，确保送料精度达到进距 $S=(16\pm0.1)$mm；用送进原材料携带工件至各工位进行冲压；采用先冲孔和打凸包、分工位裁切沿边与搭边，获取其展开平毛坯外廓，仅留头尾宽约1.2mm的搭边连接，作为送料携带工件实施工位间送进的纽带，最后切断弯形复合冲压，从原材料上分离出来成品零件，沿凹模旁的落件坡滑落出模，也可用压缩空气将零件轻轻吹入零件箱。

该冲模在结构设计上采取了以下措施：

1）冲两个小矩形孔的凸模采用护套5保护。

2）凹模采用整体镶块8，嵌装入凹模框，制造更换方便。

3）打小球面凸包，由上模压杆15，冲压下模活销14，通过杠杆13，反向冲顶小凸模10，打出球面凸包，见模具图 A—A 剖视图。

4）送料进距 S 由成形侧刃1、2控制。

5）切断压形工位的凸模22、顶块20等，实施切断并压形。

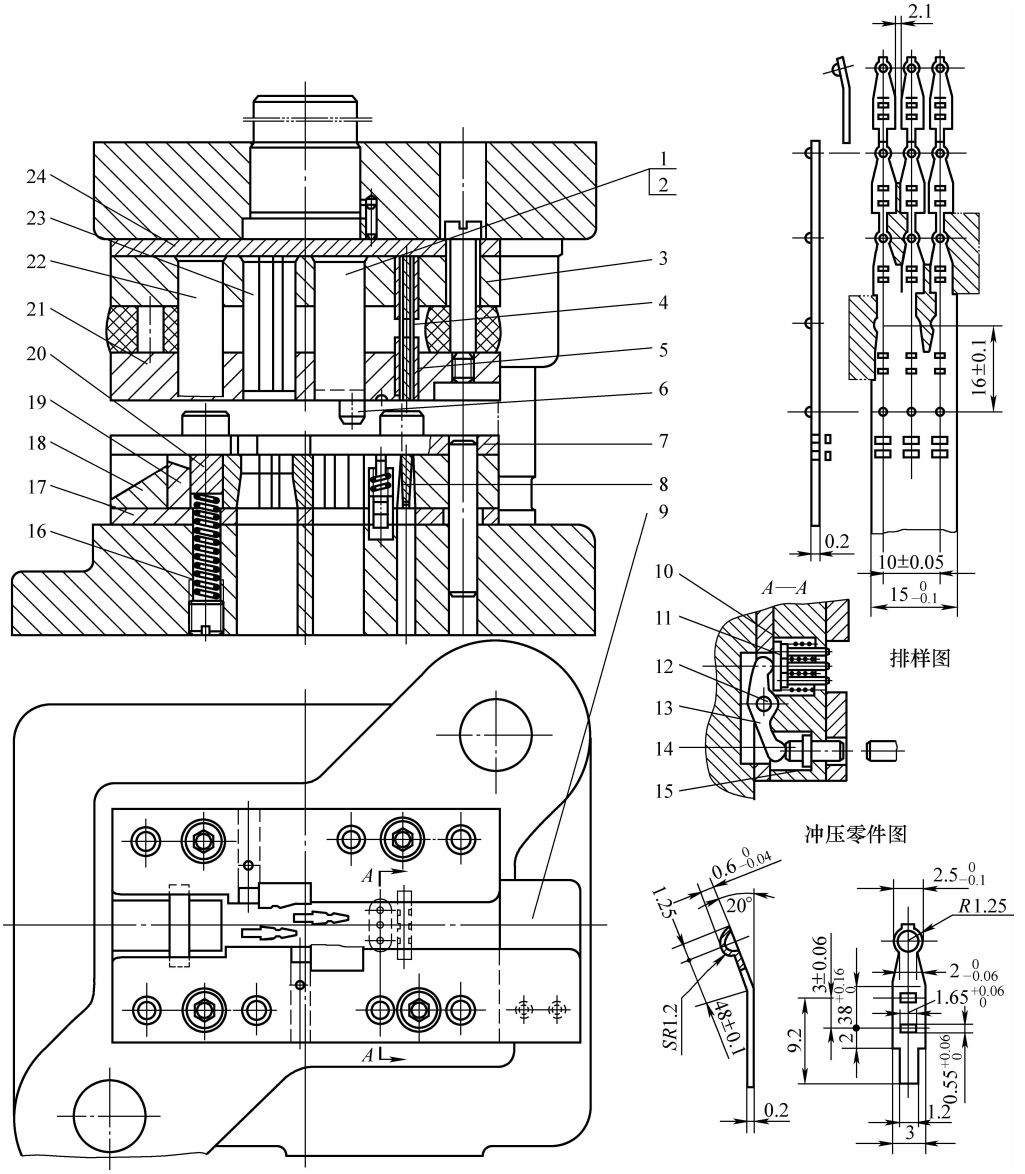


图 5-60　接触片一模三件连续式复合模

1、2—成形侧刃　3—固定板　4、10、22、23—凸模　5—护套　6—小导柱　7—导料板
8、19—镶块　9—承料板　11—托板　12—轴销　13—杠杆　14—活销　15—压杆　16—弹簧
17—垫板　18—凹模　20—顶块　21—卸料板　24—垫板

6）固定板上装小导柱 6，比凸模长。可在冲压开始前，插入凹模的导柱孔中，为模芯导向，构成模架内的第二套精准导向系统。

由于该模具在结构设计上采取了上述六项措施，实际上该冲模变成了一套弹压卸料导板式高精度超薄料冲模，实际使用效果很好。

6. U 形槽连杆一模成形连续式复合模

该弯曲零件的主要特点是细长，其整体为一两端带耳的方形直杆，全长 140. 5mm 中间有 126. 5mm 为 U 形断面。高 × 宽 = 5. 5 $_{-0.3}^{0}$mm × 4. 9mm，料厚仅 0. 8mm，材料是 40 钢冷轧

钢板。此外，该零件两端为平板偏心连接盘，其中心带有 ϕ3.4mm 的连接孔，如图 5-61 所示。

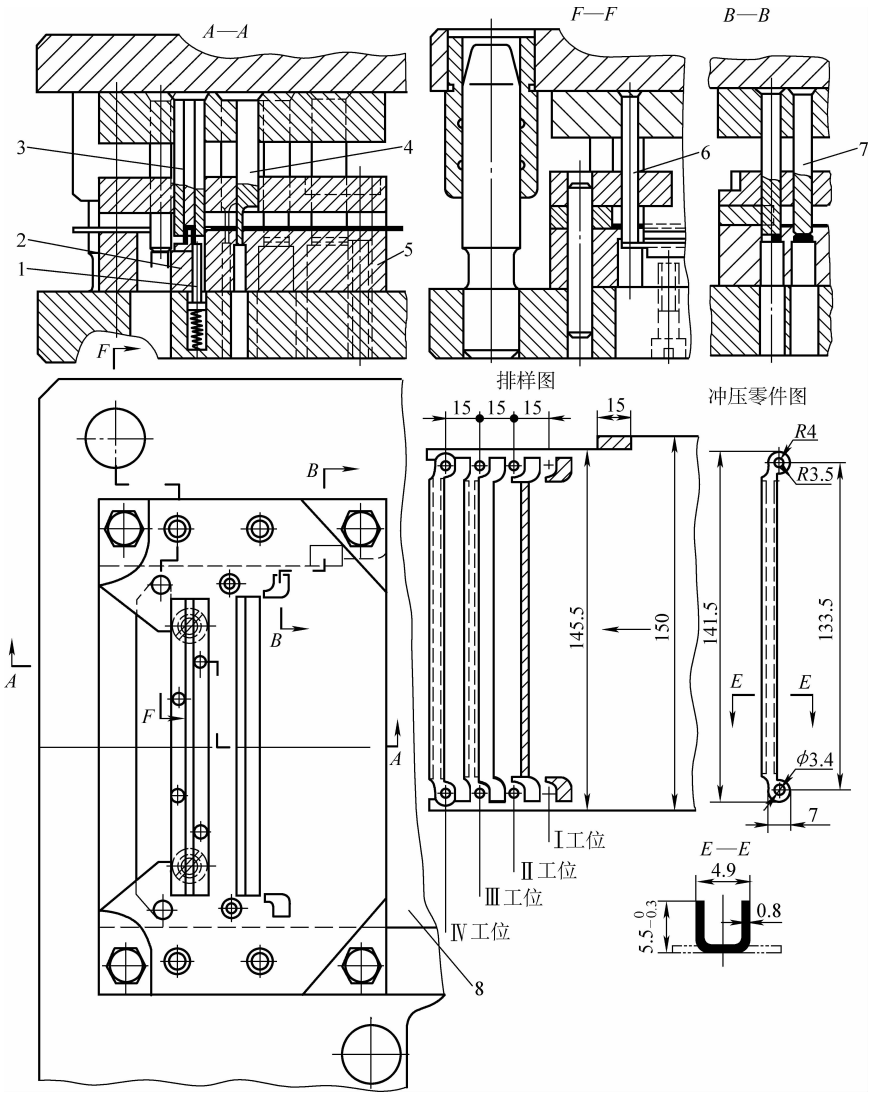


图 5-61　U 形槽连杆一模成形连续式复合模

1—顶件器　2—弯形工位弯曲下模　3—镶拼组合的弯形上模　4—裁搭边凸模

5—凹模　6—两端切断分离圆凸模　7—侧刃　8—承料板

用多工位连续式复合模冲 U 形槽连杆，在冲压工艺技术上没有难度，关键是该零件的结构形状会给连续冲压的排样和制模带来困难。

1）该零件展开平毛坯的形状为两头带连接圆盘，且偏心距为其中间 U 形槽宽 4.9mm，出现台阶，故不能直线冲切毛坯轮廓。考虑到 U 形槽高 $5.5_{-0.3}^{0}$mm，只能采用有沿边、有搭边排样，进行有废料冲裁和弯形。该弯曲件料厚 t = 0.8mm，按常规，搭边宽仅 0.8 ~ 1.0mm，而长达约 130mm 的中间搭边成为冲模结构设计和连续冲压的难点。

2）需要料宽达 150mm，虽然送料进距 S = 15mm 很小，但沿宽度方向，即零件毛坯的两头要有足够刚度，才能保证展开毛坯在送料携带过程中不变形。搭边与沿边宽度过小，则

难免在送料及多工步冲压中产生变形。

3）冲小孔、冲切搭边，以及两端冲圆头连接圆盘的凸模结构及其导向系统的设计，都存在着难点问题。厚度不足 2mm、长度 130mm 的裁搭边凸模与凹模，冲裁料厚 $t=0.8$mm，单边冲裁间隙 $C=8\%t=0.064$mm，其导向精度要求很高。

根据连续冲压细长弯曲件排样与冲压工艺特点，针对以上难点问题，该冲模在结构设计上采取了如下几点结构措施：

1）冲压工艺采用四工步Ⅵ个工位冲压，冲切两端的连续圆盘外侧结构废料、冲裁中间长 130mm 的窄搭边、弯 U 形、切断两端半圆头，分离出成品零件。由于中间搭边过窄，特意加宽至 3.8mm，使相邻两件展开毛坯中间的搭边与结构废料全部切除，两头亦获得较大的搭边，有利于将Ⅰ工位冲切凸模的非规则外形的断面放大，方便制造。所需送料进距 S 不变。

2）冲小孔、裁搭边及切口凸模等，都将其杆部加粗，断面放大进行加固，而其刃口工作端长度，按其冲孔直径 d 或冲切料宽 b 的 3.5～4 倍计算，最后按各凸模计算出的刃口端长度，选最小一个值计算，都取一样长度。

3）采用对角导柱模架，但将导柱与导套加长，使冲模开启后，还有约为导柱直径大小的一段长度的导柱留在导套中。

4）为控制送料精度，采用矩形断面侧刃切边定距，从严控制送料进距 $S=15$mm。

5）采用加厚固定卸料板，对所有冲裁凸模的杆部进行导向设计和制造。卸料板的这部分匹配模孔按基轴制 h5/H6 配合加工制造。

7. 电位器外壳多工位一模成形连续式复合模

该弯曲件是由料厚 $t=0.6^{\ 0}_{-0.05}$mm 的 08F 冷轧钢板，经冲孔、翻边、落料获得平板展开毛坯后，再弯曲成长×宽×高 $=51^{-0.10}_{-0.30}$mm×$10.8^{+0.12}_{\ 0}$mm×$9.5^{-0.05}_{-0.15}$mm 的矩形盒，如图 5-62 所示。展开毛坯外形复杂，具有群孔、多凸台、长槽孔，并有 M2.5 的翻边螺纹底孔两个，是一个较高精度的复杂弯曲成形件。

这个零件的连续冲压、一模成形工艺关键与冲压加工难点可综合归纳如下：

1）该外壳零件底部有两个用于安装连接 M2.5 螺钉的底孔，直径为 ϕ2.1mm，要求冲出螺纹底孔处厚度为 1.5mm，而其料厚 $t=0.6$mm，故必须通过翻边增加螺纹底孔的厚度。无预冲孔即穿刺翻边，凸缘口不整齐且凸缘高度不好控制。因此，要采用预冲孔翻边。预冲孔直径 d_1 应为 ϕ1.2mm，翻边后凸缘高度为 1.50mm。

2）外壳的两长边上方共带 6 个高 4.5mm 的 T 形凸台，最上边的半圆头宽 2.08mm，T 字形底边宽为 $4^{-0.03}_{-0.10}$mm 与外壳边连在一起，唯一的矩形支臂在顶端 1.2mm 处，有 R0.04mm 的半圆弧。矩形支臂宽为 $2.5^{-0.06}_{-0.10}$mm，高与其他 6 个 T 形凸台相等。如此小的名义尺寸，又有严格公差范围，对模具的结构设计提出了更高的要求。

3）由于弯曲成形后的成品零件外壳，已成一个矩形六面体有底无盖的盒子，再进行任何冲压加工都很困难。已脱离原材料的成形六面体工件的夹紧、工位间传递送进，都将遇到难以克服的难题，再冲压加工已不可能。因此，弯曲成形应该也必须是该零件用一模成形、连续冲压工艺的最后工步。在此工步之前，必须完成其展开平毛坯所需要的全部冲压工作。如果最后弯曲工步可以进行切断或落料——弯曲复合冲压，可以设落料工位。但这样会使冲模结构趋于复杂化，给修理、刃磨带来困难。

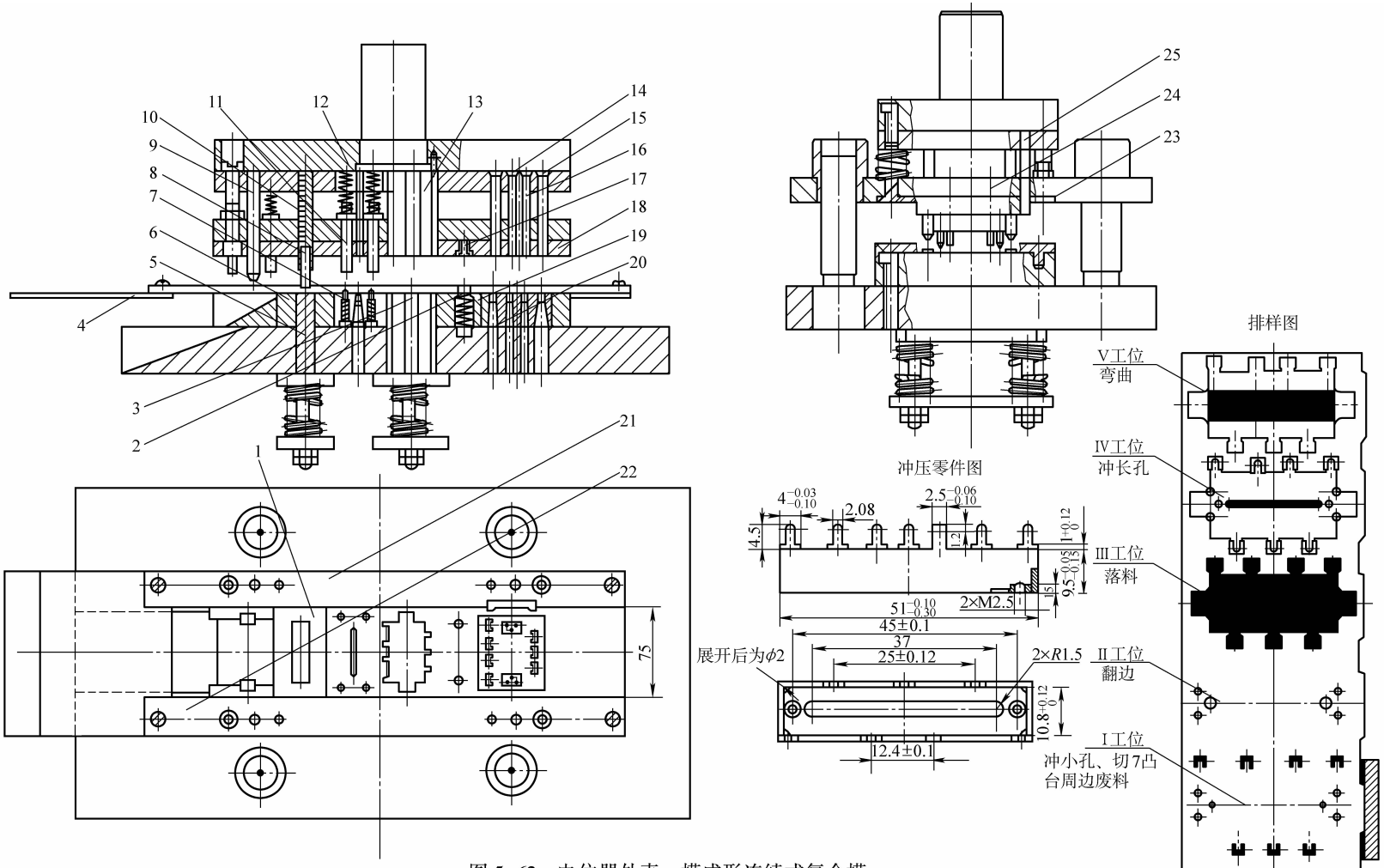


图 5-62　电位器外壳一模成形连续式复合模

1—弯曲下模　2—翻边卸料圈　3—落料反顶板　4—托板　5—弯曲顶件器　6—弯曲下模块　7—弹顶销　8—弯曲卸料弹顶销　9—导正销（凸模）
10—弯曲凸模　11—弹顶压料销　12—冲孔凸模　13—落料凸模　14—切废料凸模　15、16—冲孔凸模　17—翻边凹模镶块　18—切废料凸模
19—翻边下凸模　20—凹模组合镶块　21、22—左、右导料板　23—导板镶块　24—弹压导向板　25—侧刃

4）冲压零件材料为 08F 钢板，料厚 $t=0.6$mm，零件尺寸精度高，宜采用 GB/T 16743—2010《冲裁间隙》规定的Ⅰ类小间隙冲裁。08F 钢的抗剪强度 $\tau_b \leqslant 400$MPa，单边冲裁间隙 $C=(3\sim7)\%t=0.018\sim0.042$mm，取 $C=0.030$mm 较合适。由于所冲小孔较多，为了保护这些细长小孔凸模不在冲孔过程中纵弯折断，以及为了保证精度要求，该冲模整体应采用弹压卸料导板式结构。

5）工艺安排冲压工位如下：

Ⅰ工位为冲翻边预冲 $\phi1.2$mm 小孔、外壳底四角 $\phi2$mm 小孔，以及底外两长边 7 个凸台支臂外围废料，用裁搭边法获得这部分外廓形状。

Ⅱ工位翻边，冲出两个 M2.5 螺纹底孔 $\phi2.1$mm。

Ⅲ工位整体落料，用下模弹顶系统将落料平毛坯反顶入原搭边框中，以便用送进原材料将工件携带至后续工位冲压加工。

Ⅳ工位冲外壳底的长槽孔。

Ⅴ工位弯曲成形。

6）为确保上述冲压工艺顺利实施并冲出合格零件，冲模在结构设计上有针对性地采取了如下结构设计：

① 采用稳定性好、导向精度高的Ⅰ级四角导柱模架用弹压卸料导板式结构，可对小孔凸模进行有效保护。

② 鉴于送料进距大，工位多，除采用凹形侧刃切边定距外，在模具出料口装设两个导正销（凸模），利用搭边上的废料孔再作一次校准定位，确保各工位的送料进距精度。

③ 翻边凸模装在凹模板上，翻边凹模嵌件装在卸料板镶块上，利用翻边卸料圈与抬料顶销，将原材料抬离凹模 0.3mm 左右，模具闭合后翻边成形。

④ 凹模采用按工位镶拼组合，以利修磨、更换。

8. 簧片一模成形连续式复合模

图 5-63 所示冲压零件即簧片，虽尺寸不大，形状亦不算复杂，但尺寸精度要求高，尤其中心矩形孔为：长 × 宽 $=5^{+0.12}_{+0.04}$mm $\times 2^{+0.12}_{+0.06}$mm，外廓长度为：$15.5^{0}_{-0.24}$mm。其材料为锡磷青铜，料厚 $t=0.22^{0}_{-0.02}$mm，材料抗剪强度 $\tau_b \leqslant 400$MPa。为落料获取高的冲孔与落料尺寸精度，采用 GB/T 16743—2010《冲裁间隙》规定的Ⅰ类小间隙，其单边间隙 $C=(3.5\sim6)\%t=0.0077\sim0.0132$mm，取 $C=0.01$mm。

由于过小的冲裁间隙，必须配备高精度导向模架；细长的小凸模也需要加固保护，以及良好导向给予的可靠横向支承，故该冲模的整体结构，采用加强型中间导柱模架、弹压卸料导板式连续复合模结构。

冲压工艺采用单列纵置有搭边排样，安排四个冲压工位：

Ⅰ工位用凹式侧刃切边定距，控制送料精度。

Ⅱ工位冲中心矩形孔：$5^{+0.12}_{+0.04}$mm $\times 2^{+0.12}_{+0.06}$mm。

Ⅲ工位整体落料后反顶回原搭边框，由送料携带至下一位。

Ⅳ工位弯曲成形。

该冲模的实际冲压工步仅为冲孔、落料、弯曲等三个工步。带料入模经冲孔、整体落料后，可直接由冲裁凸模将落料平毛坯推出落料凹模底孔，再横向推至弯曲工位弯形；另一方案是将落料毛坯反顶入原搭边框，靠送进原材料携带至下一工位，弯曲成形后，沿低于凹模表面的弯曲下模，将弯曲件在原材料下横向推卸出模。后者适用于薄料，模具结构简单，除

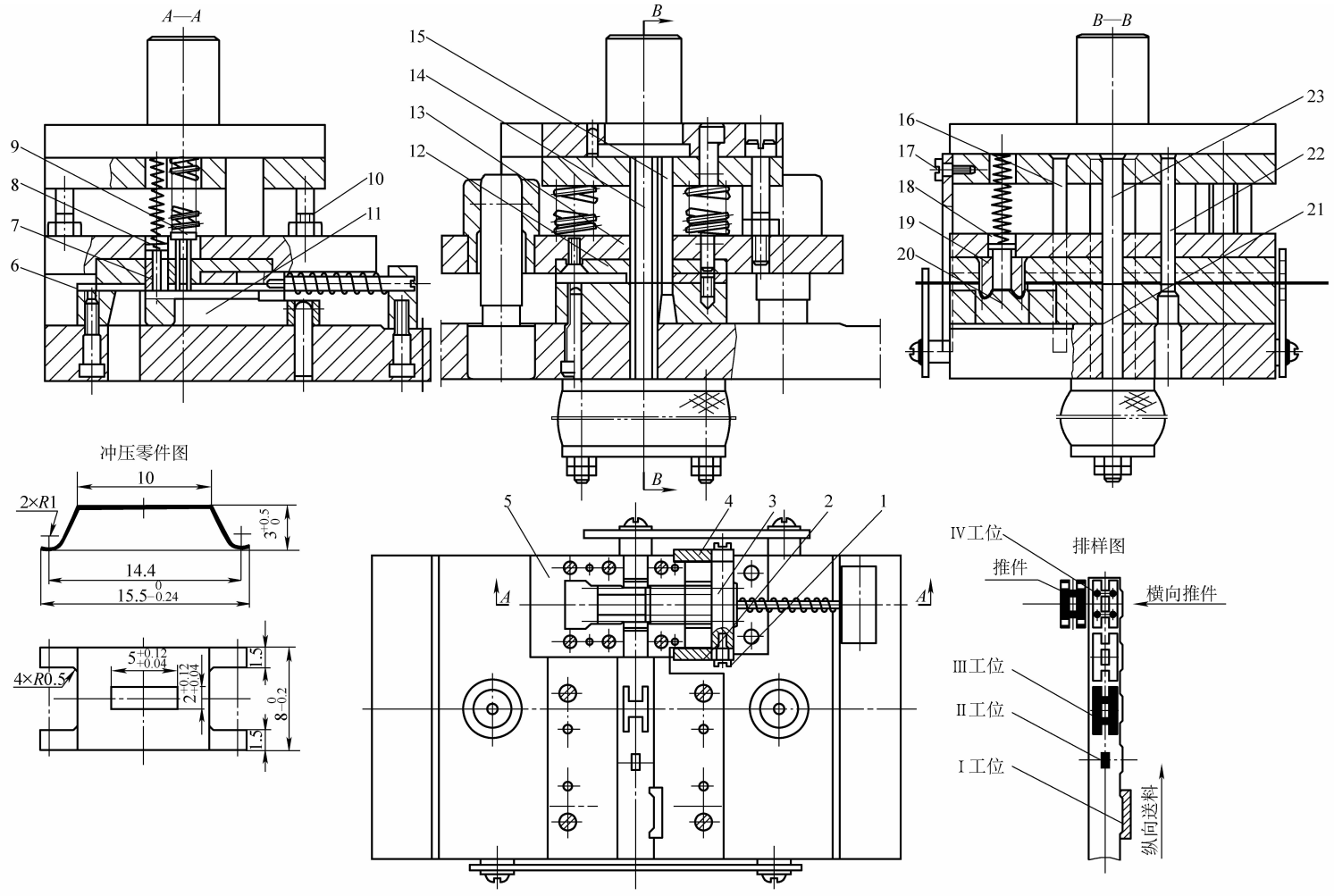


图 5-63　簧片一模成形连续式复合模

1—螺钉　2、4—斜楔　3—支架　5—楔挡块　6—凹模　7—顶件器　8—顶件销　9、18—弹簧　10—推件板　11—凹模框　12—镶块　13—导板
14—落料凸模　15—侧刃　16—斜楔　17—挡板　19—弯曲上模　20—弯曲下模　21—落料顶件器　22—冲矩形孔凸模　23—落料凸模

增加 1 ~ 2 个空工位外，没有更多的辅助机构。当大于 1. 5mm 料厚的落料毛坯，不能或反顶入原搭边框很困难，较大弯边高度卸件、出件都有问题，就采用前一种办法。上述两难题，均能迎刃而解。

上述两种排样与工位排布，使整个连续式复合模的工位布置成为直线的和呈 L 形布局的两种方式。

该冲模的主要结构特点如下：

1）采用薄料与超薄料精密导柱模架弹压卸料导板式结构。

2）弯曲凸模固定在弹压卸料导板镶块 12 上。

3）推件系统的构件用镶拼组合结构，便于修理与调整。

4）横向推件由斜楔 2、4 驱使，靠压簧推件实现，无冲击，噪声小。

9. 磁心簧一模成形连续式复合模

图 5-64 所示为磁心簧一模成形连续式复合模，是冲制薄料零件的一种导柱模架弹压卸料导板式冲模的结构形式。冲制零件料厚 $t = 0.4$mm，是塑性较好的青铜材料。从零件展开图可以看出，落料平毛坯形状复杂，弯曲成形为 R18mm 的凸圆弧底 U 字形工件，弯边高达 23mm。由于中心外廓为 ϕ24mm 的圆环，对称呈一字形的细长臂每边长达 24mm，而其两端头宽仅 3. 5mm，必须采用有搭边排样，注定有较多的结构废料产生，材料利用率很低。

根据冲压零件形状结构特点，冲压工艺安排如下：

1）采用有沿边、有搭边排样，进行有废料冲裁与成形，以获取薄料弯形件的较高尺寸与几何精度。

2）将零件的展开毛坯轴线倾斜 45°排样。尽管搭边宽度不足 1mm，但由于倾斜 45°排样后，平毛坯中间最宽处错开，充分利用结构废料，仍可留出足够宽的中间搭边，作为连接工件的纽带，以便用送进原材料携带工件至各工位冲压。

3）用裁搭边法获取展开平毛坯，用切断分离后弯曲复合冲压，获得合格零件。这两项工艺技术使该冲模的结构得以简化而紧凑。

该冲模在结构设计上采取了如下几项措施：

1）在凸模固定板上装小导柱，与弹压卸料板上装的小导套匹配，构成模芯的第二套精密导向系统，确保冲裁间隙均匀一致，凸、凹模可以精确对准。

2）切断弯曲的最后工位不设全覆盖卸料板。这是因为弯曲成形需要更大的工作空间；同时，也便于弯曲件出模。

10. 接触片一模成形连续式复合模

图 5-65 所示接触片是形状很复杂的小型弯曲成形件。其材料为锡青铜 QSn6. 5-0. 1，料厚 $t = 0.3$mm。其是一个在底部中心 ϕ5mm 范围内，有翻边、压花作业的闭式、异形多角弯曲件。其展开平毛坯的外形，近似十字形。考虑该零件的结构形状特点及成形作业工步多的情况，工艺方案设计为能用一套冲模连续冲压一模成形，并尽量能使送料携带工件实现工位间送进，在最后弯形后切断分离，再用预冲中心孔翻边、压花。

排样及冲压工艺过程详见排样图。其冲压工艺及工步安排如下：

Ⅰ工位用标准凹式侧刃对送进入模带料切边定距，精确控制送料精度。

Ⅱ工位用成对侧边成形凸模冲切结构废料，获取大半展开毛坯外形。

Ⅲ工位预冲中心翻边孔，为翻边压花作准备。

Ⅳ工位压弯，为最终弯曲成形作准备。其弯形工作情况及模具结构见 A—A 剖视图。

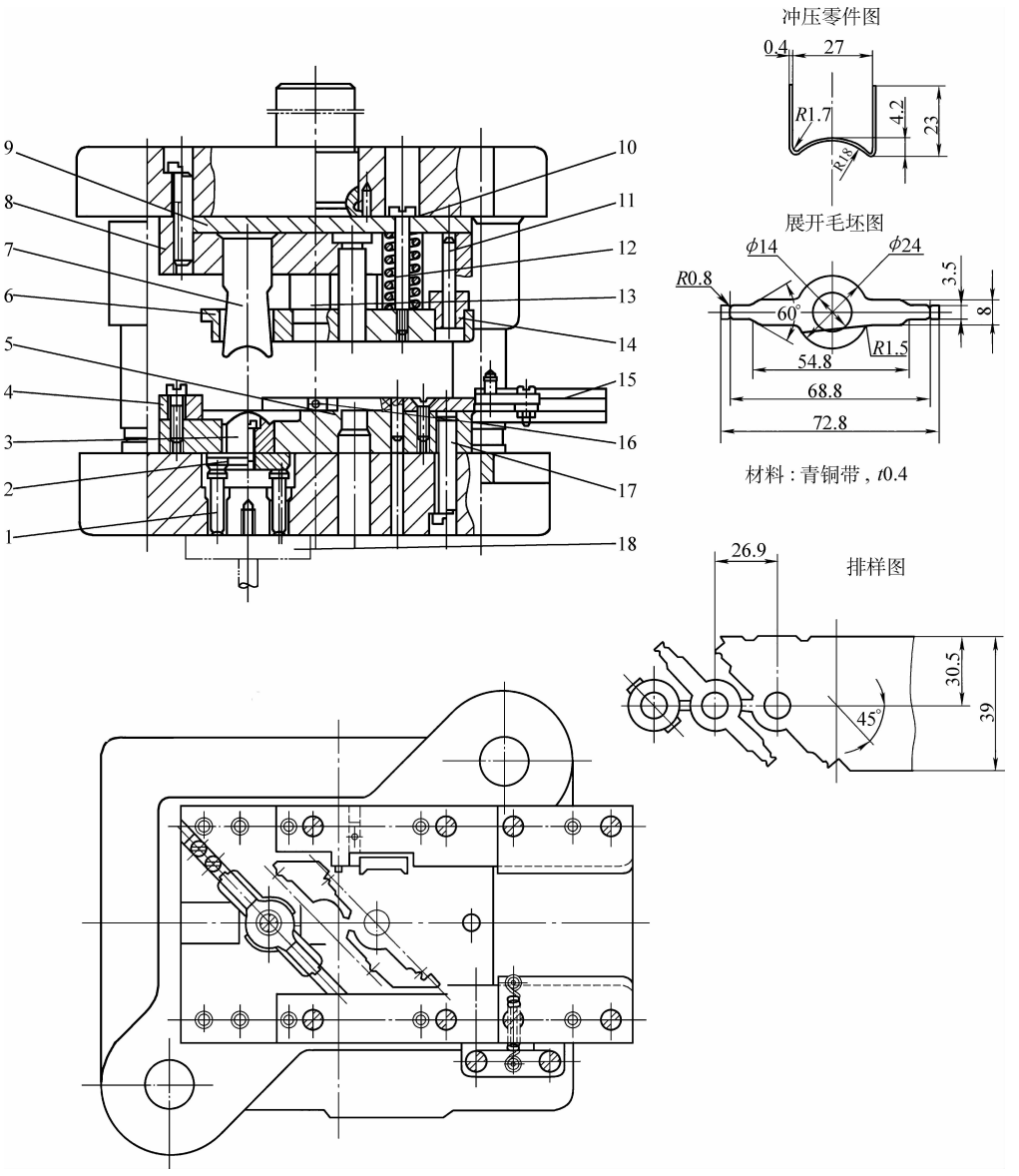


图 5-64　磁心簧一模成形连续式复合模

1—顶杆　2—顶板　3—弯曲下模　4—挡块　5—凹模　6—卸料板　7—切断弯曲凸模
8—凸模固定板　9—垫板　10—冲孔凸模　11—小导柱　12—弹簧　13—裁搭边废料凸模
14—小导套　15—侧压装置　16—侧刃挡块　17—圆柱销　18—缓冲器法兰盘

Ⅴ工位弯曲成形。其弯曲形状及工作情况见图中 *B*—*B* 剖视图。

Ⅵ工位切断并翻边压花复合冲压成形。最后由单作用斜楔驱动的楔滑块复位压簧，推动活动翻边凹模，将成品零件从弯芯下推卸出模。该模具采用导柱模架弹压卸料板结构，利用多组单作用驱动斜楔，完成横向冲弯及出件动作。整套冲模结构紧凑，操作方便，生产率较高。

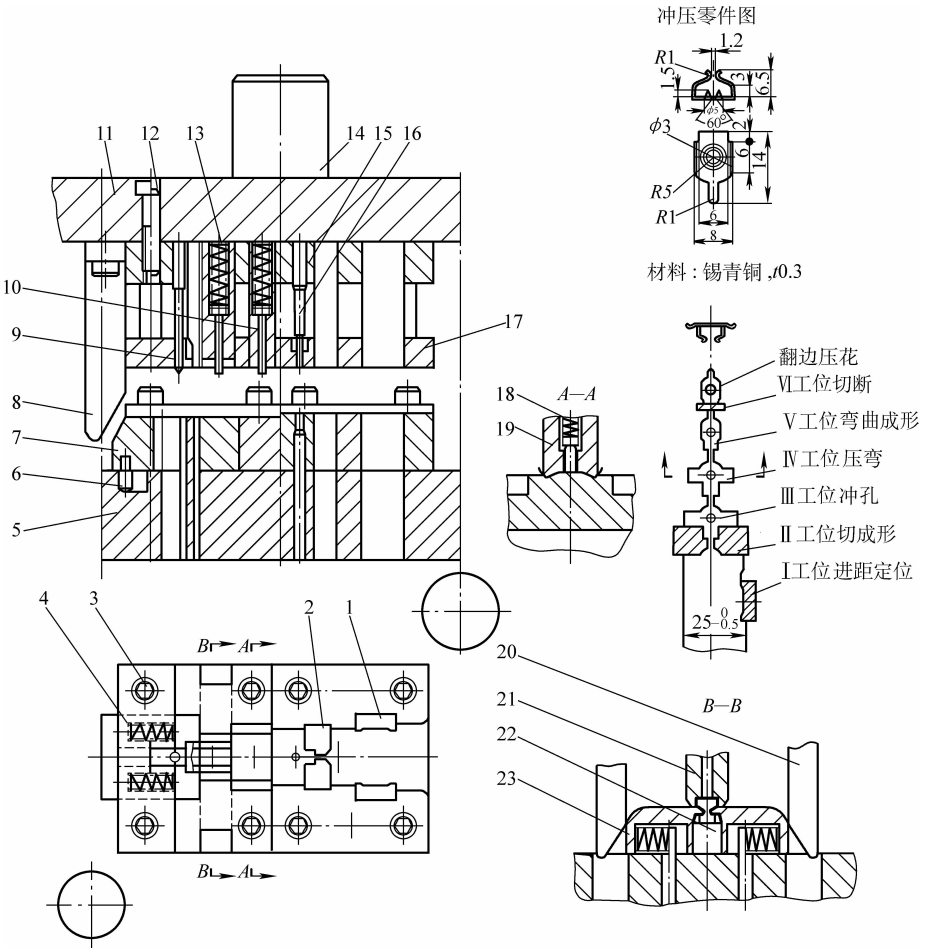


图 5-65　接触片一模成形连续式复合模

1—凹式侧刃　2—结构废料冲切凸模　3—螺钉　4、13、18—弹簧　5—下模座　6—限位销
7—活动翻边压花凹模　8、20—斜楔　9—翻边压花凸模　10—压弯凸模　11—上模座　12—圆柱销
14—模柄　15—固定板　16—翻边预冲孔凸模　17—卸料板　19—压弯凸模　21—弯成形凸模　22—弯芯　23—楔滑块

11. 弹簧片一模成形多工位连续式复合模

该零件尺寸小、形状复杂，见图 5-66 中的冲压零件图。其材料为锡青铜 QSn6.5-0.1，料厚 $t=0.5^{+0.05}_{0}$mm。采用带料连续冲压一模成形，计 8 个冲压工步、11 个工位。

该零件属多弯角、多向弯曲成形件，展开平毛坯为细长条：宽仅 3.5mm，而长度超过 45mm，长宽比大于 10，而料厚仅 0.5mm，刚度薄弱。鉴于零件的形状特点和材料薄而软，采用如下工艺方案及冲模结构设计，实现一模成形。

1）用裁搭边排样，以送进原材料携带工件至各工位冲压成形，最后从原材料上切断分离出成品零件。

2）冲压工步多达 8 个。为防止并消减多工步冲压重复定位，累积误差加大，采用在搭边与沿边连接的大面积废料上，设计专用工艺定位孔，靠导正凸模导正校准定位。每一工位送料进距精度达到送料偏差≤ ±0.02mm，确保冲压精度。

3）采用成形侧刃与工艺定位孔校正定位配套，定位效果更好。

4）弯曲工位多达 5 个，设专门限位柱控制上模下行冲压位置。

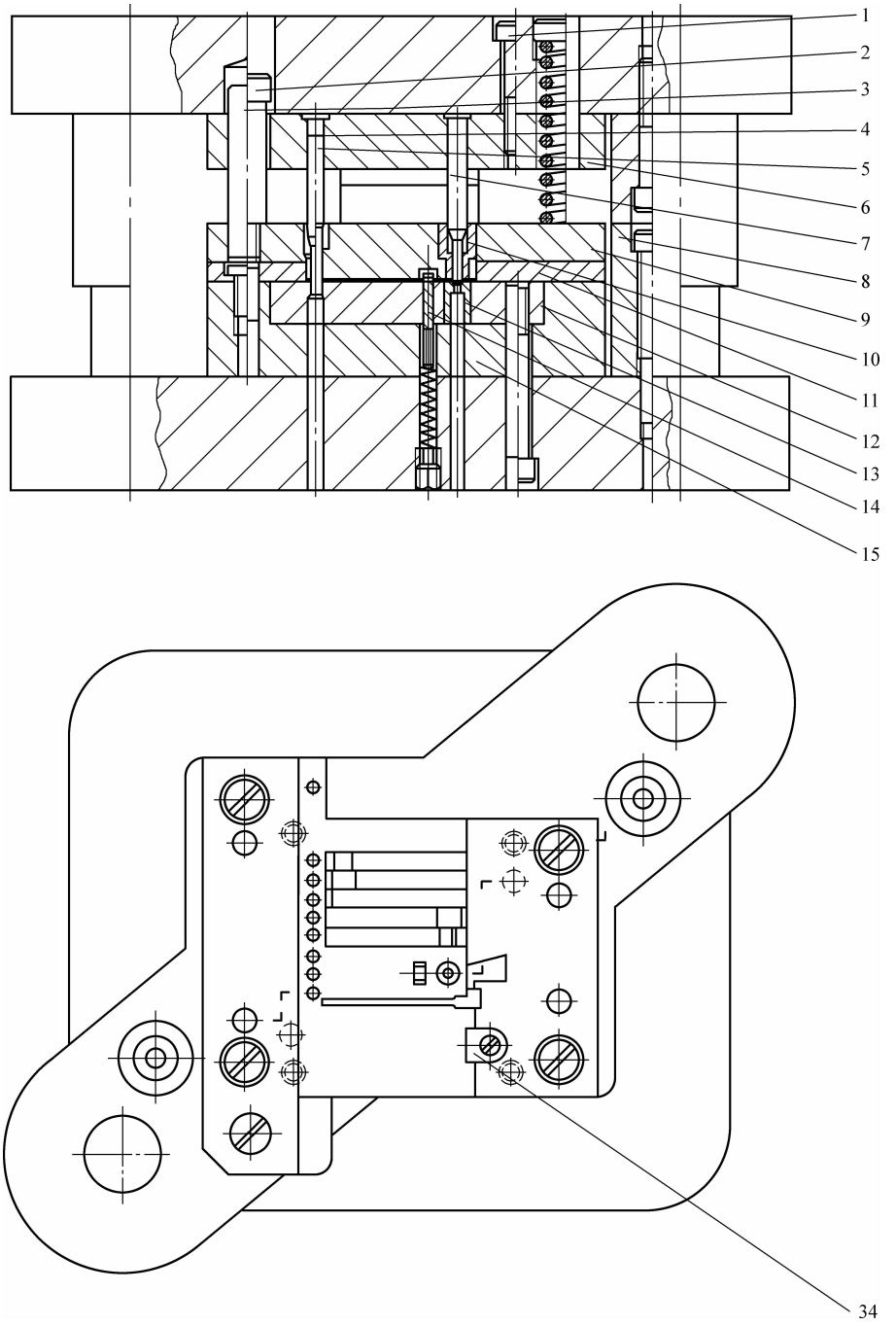


图 5-66　弹簧片一模成形连续式复合模

1、2—螺钉　3—圆柱销　4—冲工艺定位孔凸模　5—导正工艺定位孔凸模　6—固定板　7—翻边预冲孔凸模　8—限位柱　9—卸料板　10—冲孔凸模护套　11—导料板　12—凹模镶块　13—冲孔凹模镶块　14—顶件器　15—凹模框　34—侧挡块

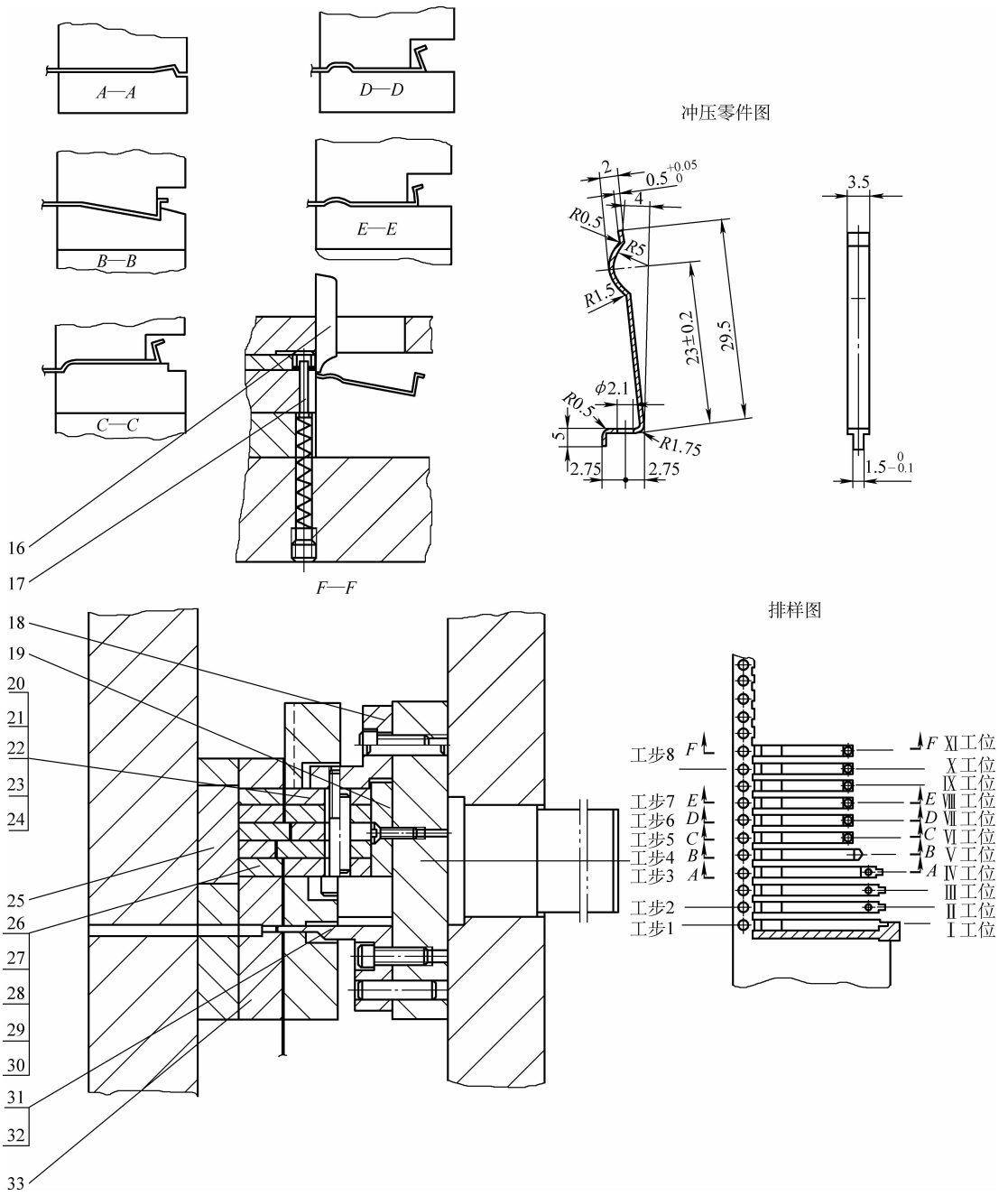


图 5-66　弹簧片一模成形连续式复合模（续）

16—切断凸模　17—可伸缩式定位销　18—固定板

19—垫板　20～24—4～8 工位凸模拼块　25—垫板　26～30—4～8 工位凹模拼块

31～32—切断工位凸、凹模　33—凹模框

5）整体结构采用对角导柱模架弹压卸料结构形式。

该冲模冲压工步安排与工位设置如下：

Ⅰ工位用成形侧刃冲切展开毛坯半边，对送进带料进距限位，控制送料精度，并冲出工艺定位孔，这是第一冲压工步。

Ⅱ工位由导正凸模插入工艺定位孔校正定位，冲另一端 ϕ2.1mm 小孔，完成第二冲压工步。

Ⅲ工位空挡。

Ⅳ工位，见图 5-66 中 *A*—*A* 剖视图，弯曲左端 1.5mm × 3mm 处 90°弯角，即第三工步。

Ⅴ工位，见图 5-66 中 *B*—*B* 剖视图，弯曲工件的负角，这是第四工步。

Ⅵ工位，见图 5-66 中 *C*—*C* 剖视图，弯曲一侧圆角 *R*5mm，即第五工步。

Ⅶ工位，见图 5-66 中 *D*—*D* 剖视图，弯曲另一端圆角 0.5mm 并校平，即第六工步。

Ⅷ工位，见图 5-66 中 *E*—*E* 剖视图，整形 *R*5mm 圆弧及 *R*0.5mm 部位，即第七工步。

Ⅸ工位空挡。

Ⅹ工位空挡。

Ⅺ工位切断分离出成品，见图 5-66 中 *F*—*F* 剖视图。

5.3　单角弯曲件连续式复合模典型结构设计

单角弯曲件多为 L 形、V 形或近似上述两种形状的零件，通常其弯边上都有各种形状的孔、切口，有的还有卷边、压印（花）等不同的成形工艺作业。一般采用单冲模冲压，至少需要两套以上冲模，才能完成这种弯曲件的冲制。弯角为 90°或大于 90°的弯曲件，即钝角的弯曲件，一般都划归为 L 形；弯角小于 90°的弯曲件，即锐角弯曲件，无论弯角大小，都划归为 V 形弯曲件。对于只有 60°或 45°甚至 30°弯角的 V 形弯曲件，与具有≥90°角的 L 形弯曲件，虽然用通用 V 形弯曲件弯曲模均可冲制，但在连续式复合模的结构设计中，两者有所差别。

具有弯曲工位的连续式复合模是多工位连续式复合模中，设计与制造难度都较大的一类冲模。其主要原因是，弯曲后材料伸长量与弯角回弹量难以准确掌握，弯曲模的调试返修工作量大。此外，弯曲工位需要较大空间且弯曲行程大。这类单角弯曲件在多数工厂，都使用单工序弯曲模加工，尤其是展开毛坯形状复杂，尺寸与几何精度要求高的单角弯曲件，采用弯曲模另行弯曲的较为常见。单角弯曲件采用一模成形工艺，用多工位连续式复合模冲制。不仅能降低工艺装备系数，减少冲模数量，降低产品成本，而且对提高冲压精度和冲压生产率也具有重大现实意义。

5.3.1　典型结构分析

1. 单角弯曲件二工位连续式复合模

图 5-67 所示为带孔 L 形单角弯曲件二工位连续式复合模典型结构。第 1 工位冲 6 个孔，第 2 工位切断同时弯曲。该冲模的主要结构特点如下：

1）工位安排沿材料送进方向呈直线，不留空工位。第 1 次送进在第 1 工位冲出 4 个 ϕ6.5mm 圆孔和两个长圆孔；第 2 次送料到第 2 工位，用成形切断凸模切出 *R*40mm 圆弧，在下模继续下行中压弯成形。

2）弯边长达 55mm，需要较大弯曲空间。同时，也为了便于从弯曲凹模中吹卸冲件，在下模上，第 1 工位冲 6 孔部分采用固定卸料板；而第 2 工位则全部敞开，不用卸料板，考虑充分满足弯曲成形需要的更大模具空间。

3）为保证送料准确，模具上使用了侧压装置和固定挡料块。

4）为提高制模工艺性和寿命，凹模用镶嵌结构，凸模固定板采用多块组合结构。冲孔凸模除采取杆部加粗的加固措施外，还利用卸料板导向，对其工作端以横向支承，改善其受力状态，增强其抗纵弯能力。

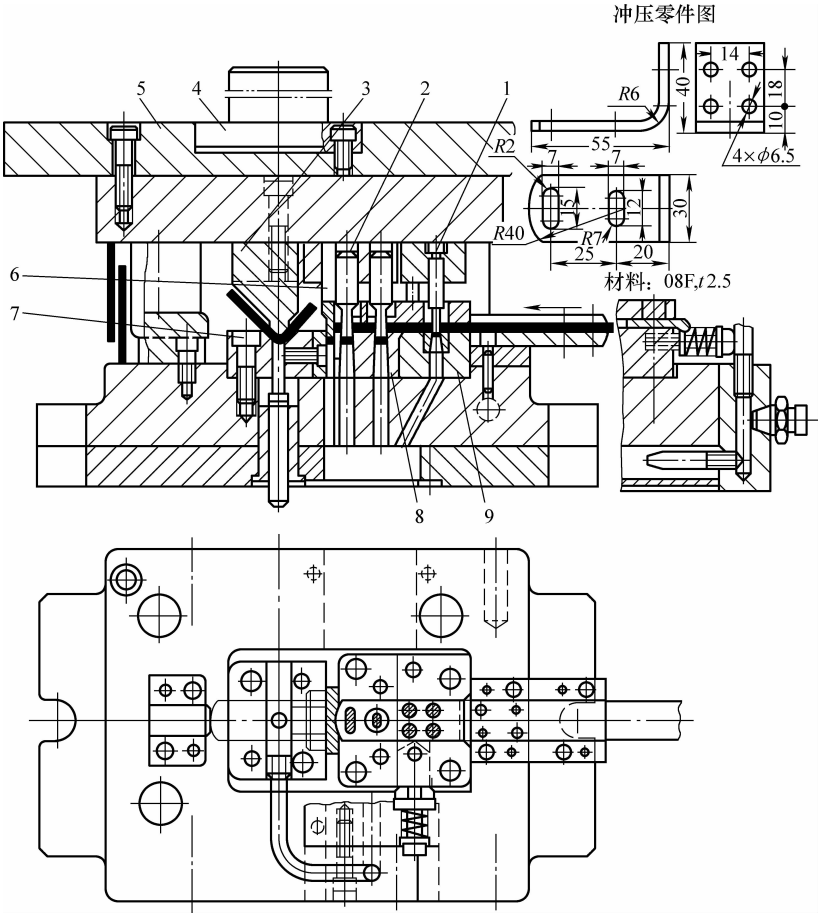


图 5-67　单角弯曲件（L 形）二工位连续式复合模

1—冲孔凸模　2—冲长圆孔凸模　3—弯曲凸模　4—模柄　5—上模座　6—切断凸模

7—弯曲凹模　8、9—冲孔凹模

2. 局部切口压弯三工位连续式复合模

图 5-68 所示为角座板零件三工位连续式复合模。该模具采用平侧刃对送进材料的进距限位，并裁切料宽达到冲件宽度要求。送进材料经过裁边、冲孔两工位后，在第 3 工位，利用切口压弯凸模，横向两边切开，纵向压弯 90°；零件顶部的两个半圆头，则用成形切断凸模在切断时冲出。这套冲模虽在工位安排上与图 5-67 有相似之处，但又有以下显著特点：

1）排样图设计采用裁搭边排样，使工位安排紧凑，简化了冲模结构。选用平侧刃起到裁边、定位、限距三个作用。侧刃长 36mm 等于送料进距，送进料宽 62 ~ 63mm。用平侧刃

裁切成工件要求的宽度 $60_{-0.4}^{0}$mm。成形切断凸模冲切搭边并冲裁出工件外廓，同时切口压弯凸模将冲件另一面材料切开后压弯。

2）结构设计采用整体式凹模、整体固定卸料板及凸模固定板。

3）采用标准的滑动导向后侧导柱模架。

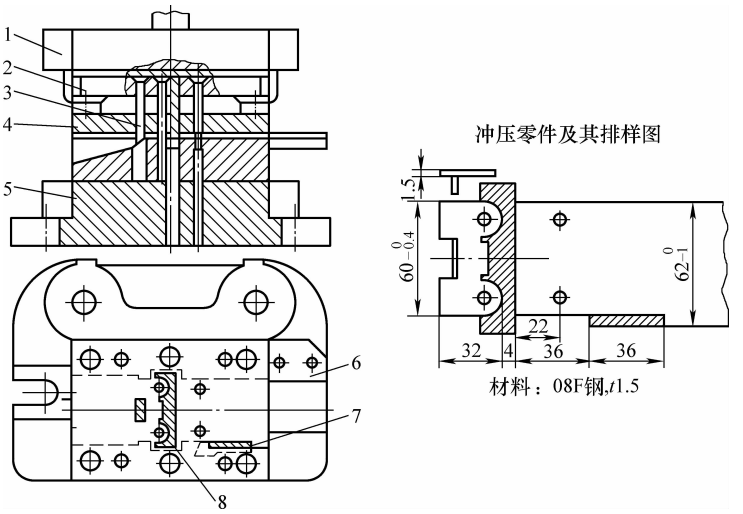


图 5-68　局部切口压弯三工位连续式复合模

1—下模座　2—卸料板　3—压弯凸模　4—导套　5—上模座　6—导料板　7—侧刃　8—切断凸模

3. 复杂的单角弯曲件四工位连续式复合模

图 5-69 所示的单角弯曲件不仅带孔，而且还有个半圆槽，至少需要冲孔、切口、压半圆槽、弯角、落料等几个基本冲压工艺工步。要在一套冲模上冲制这样复杂形状的工件，必须采用多工位连续式复合模，且模架整体刚度要好，导向精度要高，细长冲孔凸模要考虑加固，见图 5-69。

该模具在结构设计上有如下特点：

1）用送进带料携带工件，实现各工位间连续冲压时的材料（半成品）传递工作，冲成工件后切断（落料）与原材料分离。为此，必须将零件的外廓分工位冲切，逐步完成；而且只能用切除余料、裁去搭边的冲制方法，分步冲出外廓，详见图 5-69 中排样图。

2）该零件展开平毛坯见图 5-69。排样采用单列直排。排样图设计是采取先冲顶角外廓与底边，中部先冲 4mm × 10mm 矩形孔后压半圆槽，而后在半圆槽两边，冲 ϕ3mm 孔并弯顶角 90°后，再从材料上切两边分离工件。冲矩形孔后压半圆槽，可准确限定其长度；压半圆槽后冲孔，可防止孔距及孔形因压弯而缩小及变形；冲裁顶角外廓后弯角形，保证了工件外形准确。

3）模架采用加厚模座的滑动导向对角导柱模架，刚度好，强度高，受力及导向较平稳。为保护 ϕ3mm 细长冲孔凸模，采用卸料板导向结构，卸料板加厚并取其厚度之半为凸模导向段，与凸模配合型孔采用基轴制 h6/H7 精密配合，实现准确导向。为保证卸料板的整体导向精度和刚度，在卸料板上装有 6 根小导柱与凸模固定板上的导套配对导向，见图 5-69 中 *E*—*E* 剖视图。同时上模的弹压卸料板又与下模的导料槽呈凸凹配合，使模具在连续冲压时平稳、准确、可靠。

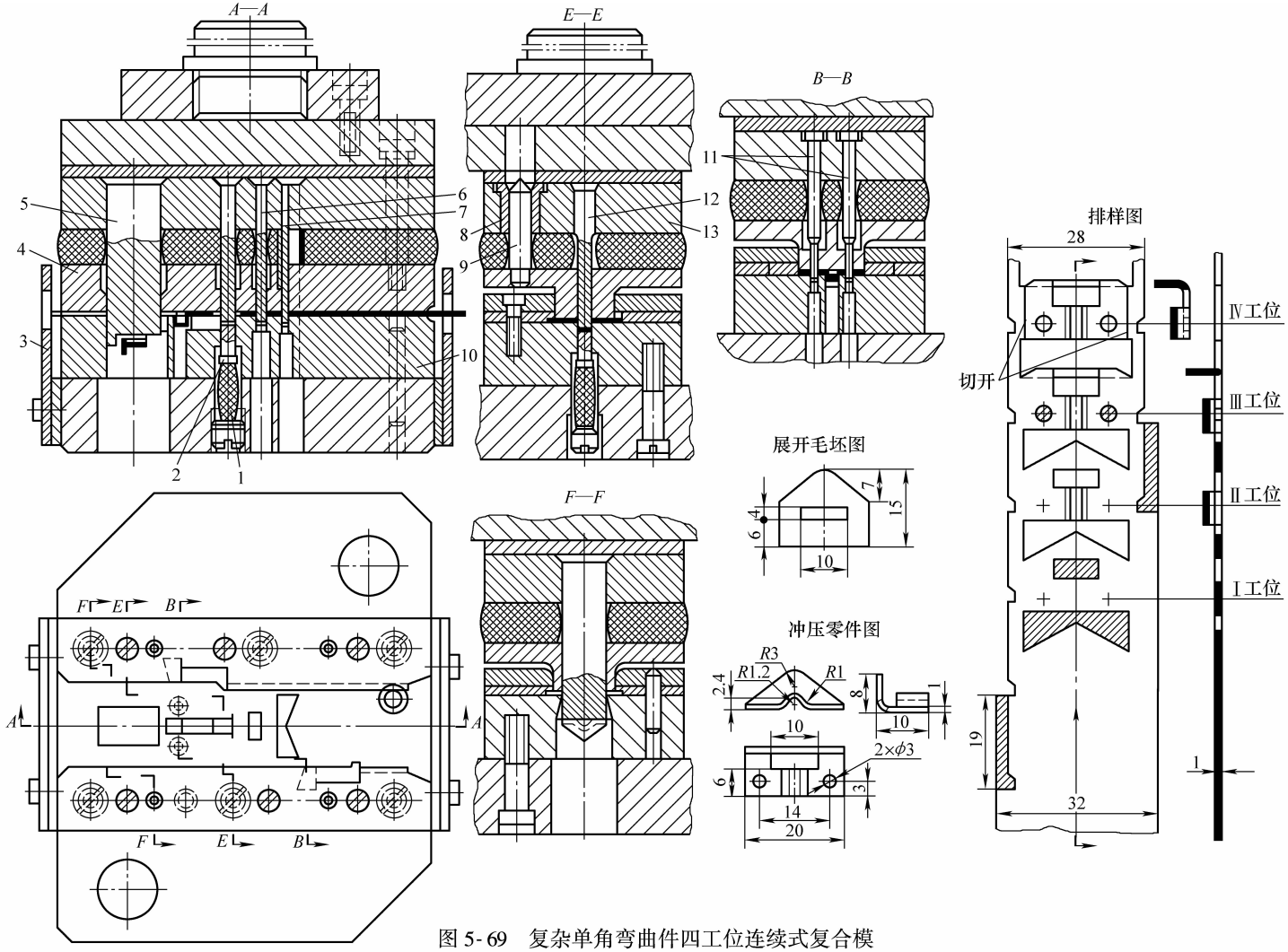


图 5-69　复杂单角弯曲件四工位连续式复合模

1—橡胶体　2—弯半圆槽凹模　3—防护栅板　4—卸料板　5—落料（切边）凸模　6—冲长方孔凸模　7—冲切三角顶凸模
8—导套　9—小导柱　10—凹模　11—冲孔凸模　12—压半圆槽凸模　13—凸模固定板

4）凹模、卸料板、凸模固定板均采用整体模板，用两边前后两组侧刃对送进材料定距、限位。经第一组侧刃对送进材料切边后进入第Ⅰ工位，用裁搭边法将工件顶角及相连工件底边间搭边（余料）冲去；第Ⅱ工位冲 4mm×10mm 矩形孔，压半圆槽；第Ⅲ工位冲两个 ϕ3mm 的孔，并弯角部 90°角；第Ⅳ工位切除两边（携件边）余料分离出工件。

从以上结构分析中可知，对于单角弯曲件多工位连续式复合模，关键是弯曲工位的安排。如果在工件与原材料分离前弯曲，可用送进材料携带工件，从而简化冲模结构，但工件展开毛坯必须分两次以上用裁搭边法冲切，最后分离切断线，正是零件非弯角部分轮廓线，见图 5-69；若弯曲与分离切断复合在一个工位上，必须将弯曲置于切断后同时进行，见图 5-67、图 5-68。如要将展开毛坯落料后在下一个工位弯曲，则必须将整体落料毛坯在反顶嵌入原搭边框中或在模具上，设置将毛坯推送至弯曲工位的专门机构，冲模结构将更复杂。

5.3.2　结构设计

1. 工位安排

由条料用一套连续模直接冲制出单角弯曲件时，一般将弯曲工位安排在最后，例如，冲孔—切断、弯曲；切边—冲孔—剪截、弯曲等。这种工位安排的条件是：无废料排样、料宽等于工件宽及用裁搭边法冲去两工件间搭边（无沿边）。图 5-70 所示为这种工位安排的通常结构形式。

弯曲工位安排在最后切断分离工位之前，不能采用无搭边排样及无废料冲裁，而且搭边和沿边都将使用裁搭边（除余料）法分几步冲去。

落料后再弯曲，即将展开毛坯冲出再反顶嵌入原搭边框，或送至弯曲工位上弯曲，前者适用于料厚 $t<2$mm 的薄料，后者适用于展开毛坯形状复杂且进行有废料排样的场合。这种冲模结构比较复杂。

2. 进距限位及工位间传递

多工位连续模，尤其是含弯曲工位的多工位连续式复合模，准确控制每个工位的送料进距（步距）和定位精度是确保冲压精度的关键。

当采用少废料冲裁、无沿边排样，而具有冲孔工位时，除采用固定挡料块（销）之外，推荐在最后弯曲工位凸模上采用导正销，以利于提高冲压零件精度。

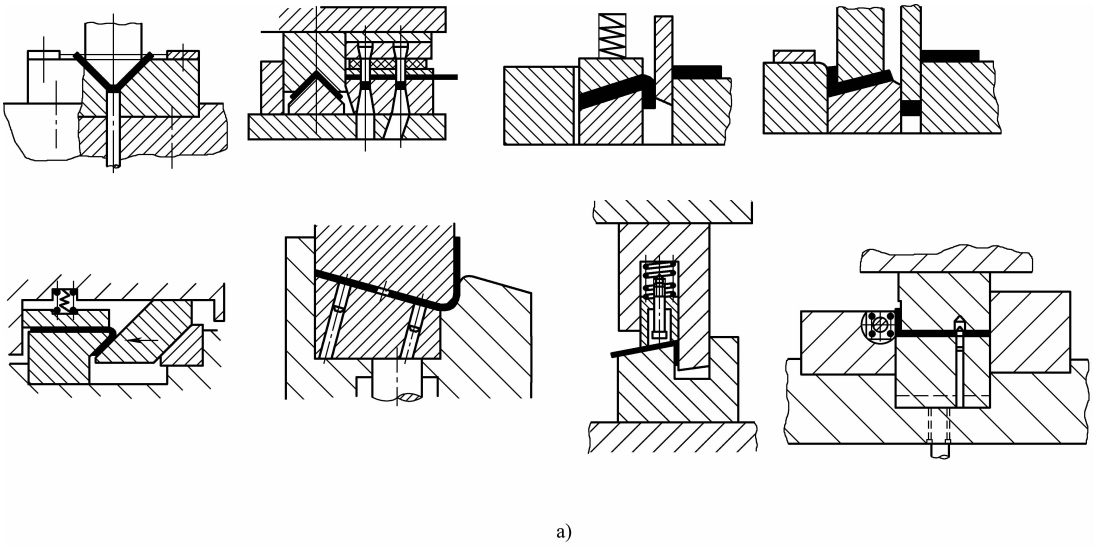
当采用有废料冲裁，且弯曲工位在最后切断分离工位之前，一般应使用侧刃定距、导正销导正定位。如果工件精度不高，也可在条料左右两侧设置两组侧刃对送进材料进距限位。对于四工位以上冲模推荐使用这种方法。

当弯曲工位设在最后，且是在平板展开毛坯落料后弯曲，则弯曲工位除设挡料块（定位板）之外，还应按工件上的孔形及大小设导正销。必要时还可在落料工位设导正销，以保证位置精度，主要是内孔与外廓的相对位置精度、同轴度。

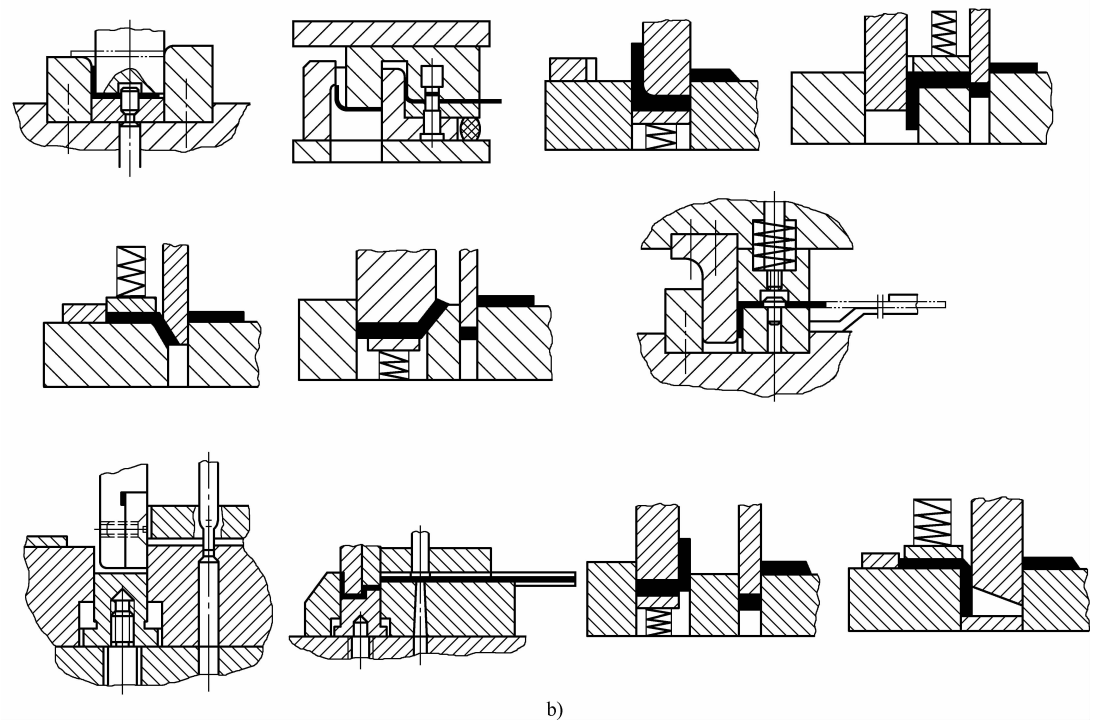
这类多工位冲模工位间传递工件（半成品）的方式主要是用送进材料携带。

3. 结构设计注意事项

这类多工位模具兼有冲裁模与弯曲模的结构特点。冲裁工位，包括展开平毛坯的冲孔、切口、落料及局部冲切诸工位，均可按一般多工位连续冲裁模结构设计，只要注意与弯曲工位的衔接及材料送进就可以了。此外，还要注意如下几点：



a)



b)

图 5-70　单角弯曲件弯曲、切断与弯曲复合冲压结构形式

a）V 形弯曲件　b）L 形弯曲件

1）工件尺寸较小，工件靠送进材料携带，弯边不大且弯角向下，可以考虑设计整体凸模固定板和卸料板，并使最后从原材料上分离切断下来的工件从凹模洞口落入零件箱。

2）工件弯边较大，冲裁工位的卸料空间容纳不下，弯曲工位要与冲裁工位从模体结构上分开，除去卸料板，并考虑弯好的工件从弯曲凹模上能顺利卸下出模。

3）为消除回弹对弯曲角度的影响，应根据弯曲材料的不同，采用不同的结构，并经调试后修准弯曲凸模与凹模角度。

4）如果必须在展开平毛坯落料后弯曲，而弯边高度大，又要进行有芯弯曲的闭口弯曲件，要设置独立的弯曲工位，则需要考虑落料后的毛坯从落料凹模洞口中漏下后，用一套专用送料机构，将其送至弯曲工位上。推荐使用的这种送料机构是模具带动的斜楔滑板结构或斜楔摆杆结构。

5）为了提高冲压精度，当工件尺寸精度高于 IT11 时，建议在冲模结构上采取如下措施：

① 弯曲前或在弯曲工位上，利用工件上的孔，设导正销导正进入弯曲工位的展开平毛坯。如在工件上设导正销有困难，可在搭边或沿边上设置工艺定位孔，必要时可加宽搭边或沿边。

② 凹模采用镶拼结构，可按工位拼合组成模体后，镶入凹模框中。推荐四工位以上的连续式复合模采用镶拼结构，尤其外廓尺寸超过 100mm 的中型以上工件，应予优先考虑。

③ 有 ϕ3mm 以下小孔及 5mm 以下凸耳与凹口的工件，推荐采用加厚卸料板，并对细长小凸模，在卸料板上的型孔设计成导向孔。必要时在卸料板上加小导柱，设计成卸料板导向结构。

5.4　双角⌴形弯曲件连续式复合模典型结构设计

传统冲压工艺用分序多模生产弯曲件，尤其是双角⌴形弯曲件。这是由于双角⌴形弯曲件一般弯边高度大，多弯角回弹严重，用多工位连续模一模成形，技术上风险大，而且弯曲工位要经过多次调试、修准弯曲凸模，加上原材料性能、尺寸偏差的波动，弯角的伸长量难以准确掌握。

随着现代冲压技术的发展，上述问题得到了很好的解决。例如，通过计算机数值模拟技术，可事先对一模成形连续冲压弯曲件的弯曲成形全过程，进行仿真分析，从而为完善冲模结构设计，提供可靠依据；制模中使用三坐标测量机及相关测量技术，对模具工作零件及试模工件进行精确测量等。现在，冲制双角⌴形弯曲件，特别是中小型薄料弯曲件，越来越多地采用了多工位连续式复合模一模成形，从而提高了冲压零件的精度、质量与生产率。

5.4.1　双角⌴形弯曲件一模成形连续式复合模结构设计

1. 引出片一模成形连续式复合模结构分析

该零件形状、尺寸及其展开平毛坯见图 5-71。原来这个零件的生产是用两套冲模：由连续冲裁模经冲孔、落料从带料上冲出展开平毛坯，再用单工序弯曲模弯曲成形。后来改为图 5-71 所示连续式复合模。

该冲模的结构特点如下：

1）采用专用或通用带料校平装置，装在冲模的入料口，专门对成卷带料的轧制与卷绕圆弧进行校平后进入冲压工位。

2）采用两组单角侧刃，分置于冲模的导料槽两边，对入模带料切边定距，确保送料进距 $S=7.3$mm，误差小于 ± 0.15mm。

3）采用四角导柱模架弹压卸料导板式结构，对冲小孔凸模实施加固保护。

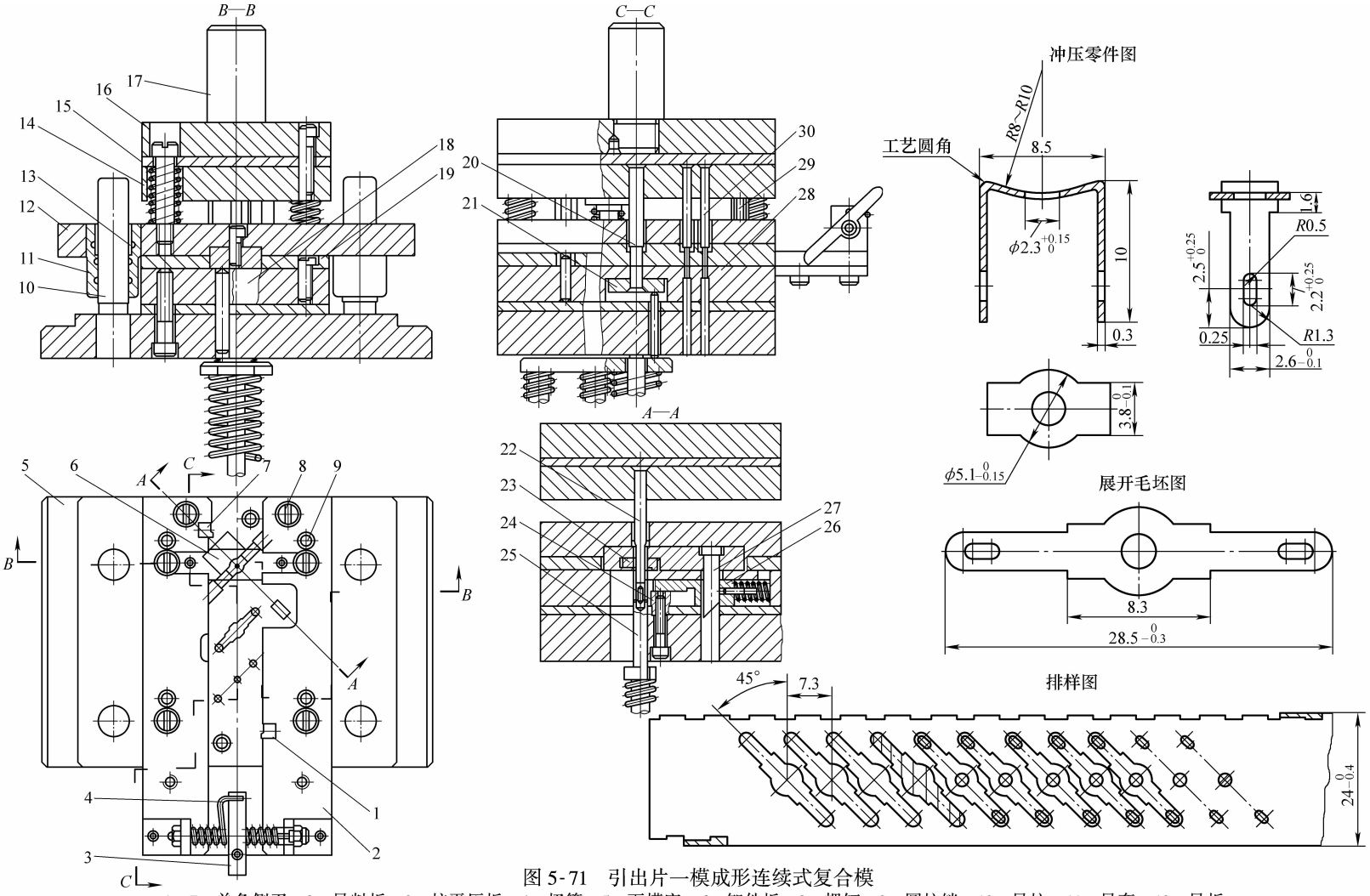


图 5-71　引出片一模成形连续式复合模

1、7—单角侧刃　2—导料板　3—校平压板　4—扭簧　5—下模座　6—卸件板　8—螺钉　9—圆柱销　10—导柱　11—导套　12—导板
13—导料板　14—固定板　15—垫板　16—上模座　17—模柄　18—弯曲凹模　19—右导料板　20—落料凸模　21—推板　22—弯曲凸模
23—弯曲凸模导板　24—推件挡块　25—顶杆　26—楔滑块　27—斜楔　28—凹模　29—侧刃　30—冲孔凸模

4）连续冲压工艺为：冲孔、落料、一次弯曲成形。整体落料平毛坯由落料凹模中的顶件器将其顶回原搭边框中，用送料携带至弯曲工位弯成形。

5）为了防止弯曲时毛坯滑移而使其两弯边高度不等，特意在弯曲凸模上装导正销，待其插入毛坯中心孔后弯曲。

6）压弯处装下卸料板，避免成形工件随压弯凸模带入废料搭边框中。使工件留在凹模洞口，由一只装在凹模内侧的弹簧推料器，将工件推入凹模落料孔落下。冲压时靠装在上卸料板上的斜楔使推料器后退。

2. 槽板连续式复合模

该弯曲零件的形状与尺寸都很具有典型性。从图 5-72 所示展开毛坯图可以看出：长 × 宽 = 131mm × 19.4mm，有形状不同的切口，没有凸出支臂与凸台，具有实施无搭边、无沿边排样的条件；而且零件精度不高，切口形状都是矩形、三角形等规则几何形状，冲切方便。因此，该零件采用无搭边排样，进行少废料冲裁成形。由于冲孔与切口尺寸不大，结构废料很少，板材利用率较高。

冲压零件长宽比高达 6.75，送料进距 $S = 19.4$mm，故排样采用横置，纵向送料。其冲模结构的特点如下：

1）整体结构采用中间导柱模架、弹压卸料板结构。

2）采用始用挡料装置与固定挡料销配套的定位系统，对板裁条料的首件送料限位定距，以后各次送料，均依两个 ϕ3.5mm 中心孔、固定挡料销对送进条料定位。

3）第Ⅲ工位切断弯曲复合冲压，由上模中的弹顶卸件器卸件，用送进材料推卸出模。成品工件沿弯曲凹模旁的落件坡滑入零件箱。

5.4.2　⌴形弯曲件连续式复合模结构设计

1. 支架⌴形弯曲件六工位连续复合模结构设计

图 5-73 所示是一个典型⌴形弯曲件及其一模成形用连续式复合模。下面就其模具结构设计进行简要介绍。

（1）工位安排及排样图设计（见图 5-73 排样图）　从图 5-73 冲压零件图可知，其结构形状与尺寸，以及该工件需要冲压加工的主要作业内容如下：

1）冲孔：两个 ϕ20mm 孔及 ϕ2.5mm 中心底孔。

2）切角：端头四角倒 $C6$ 角。

3）切槽口：底部中心两边 3.5mm × 9mm 半圆槽口。

4）弯形：弯脚长 × 宽 = 29mm × 26mm，两边全等。

按零件图绘出展开毛坯图后，可以看出，ϕ20mm 孔边距及 ϕ2.5mm 孔与两槽口间壁厚均≤3mm。对于料厚 $t = 1.5$mm 的 10 钢板来说，不推荐同一工位或用复合冲裁工艺冲出，否则，因冲裁凹模或凸凹模壁厚小，小孔 ϕ2.5mm 凸模与 3.5mm × 9mm 冲槽口凸模距离太近，在其固定板上安装困难且凹模强度不足等，故制模难度大且模具寿命短。因此，应将上述 3 种冲裁部位安排 3 个工位连续作业。

为了用条料携带半成品坯件送进，实施工位间传递，特将切槽口 3.5mm × 9mm 工位放在弯曲工位后，实现各工位的直线布置，简化模具结构。

采用侧刃、埋入式可伸缩活动挡料销，对送进条料定距限位，便于自动连续冲压。将切角、侧刃及搭边组合考虑，设计成对称的两组 T 形成形侧刃，可进一步简化冲模结构；为了增加 T 形成形侧刃的强度，可将其冲裁宽度（搭边）适当加大。

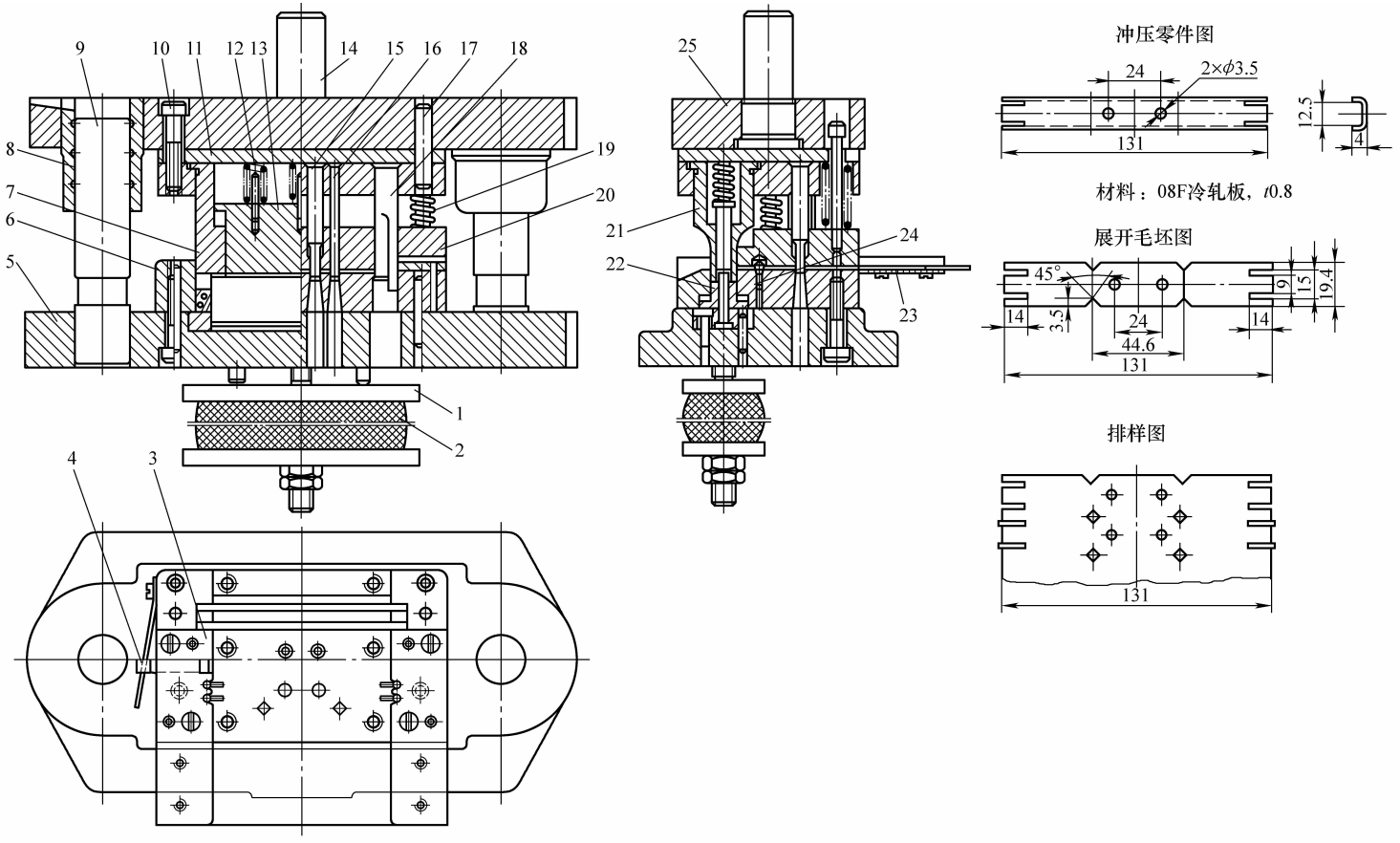


图 5-72　槽板连续式复合模

1—托盘　2—橡胶体　3—导料板　4—始用挡料装置　5—下模座　6—凹模　7—落料凸模
8—导套　9—导柱　10—螺钉　11—垫板　12、19—弹簧　13—卸件器　14—模柄　15—冲孔凸模
16—切三角凹口凸模　17—圆柱销　18—切窄长槽凹口凸模　20—卸料板　21—弯曲剪切凸模
22—弯曲下模　23—承料板　24—挡料销　25—上模座

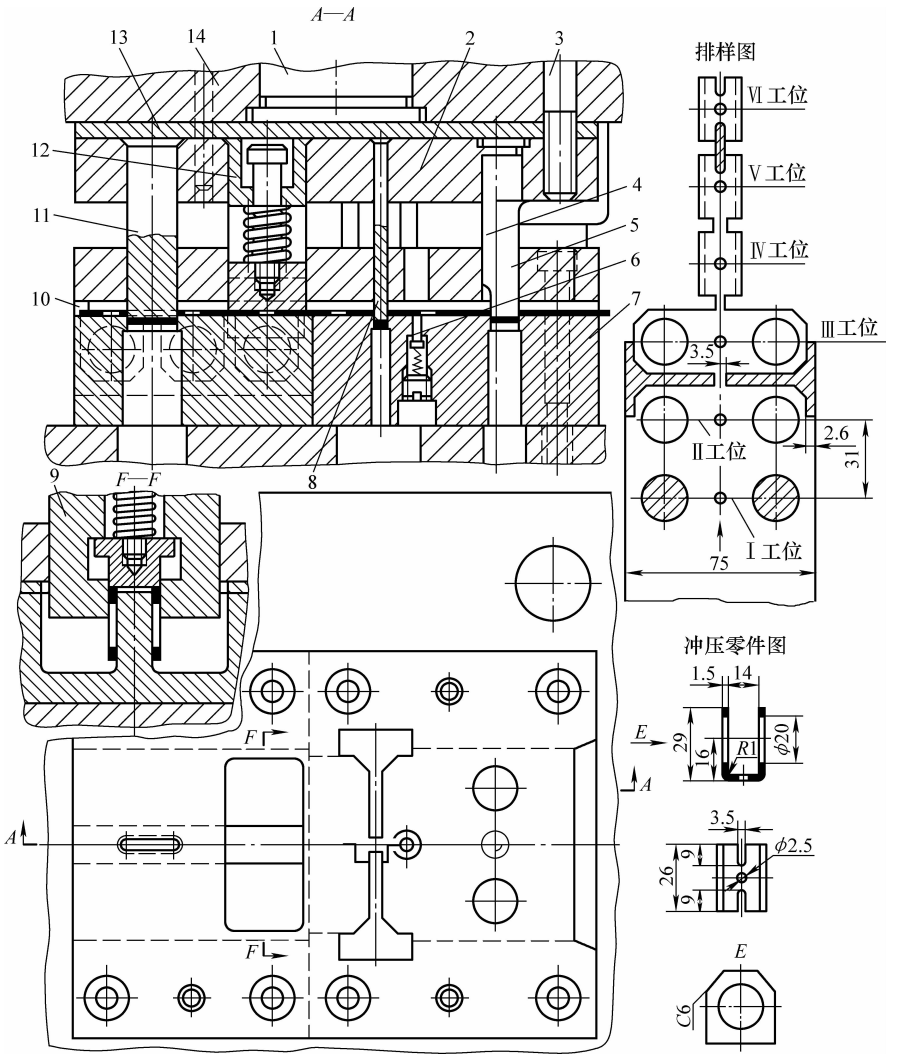


图 5-73　支架⌊形弯曲件六工位连续式复合模

1—模柄　2—切槽口凸模　3—弯曲凸模　4—冲 ϕ2.5mm 小孔凸模　5—冲 ϕ20mm 大孔凸模
6—活动挡料销　7—凹模　8—成形侧刃　9、12—弯曲凹模　10—搭边框（原材料）
11—切开凸模　13—垫板　14—上模座

排样所需基本工艺参数按工件图样计算而得：

展开毛坯尺寸：长 × 宽 $= L \times B = 69.64\text{mm} \times 26\text{mm}$。

取搭边宽度考虑加固成形侧刃强度后，放大为 $b = 5\text{mm}$。

取侧搭边（沿边）宽度 $b_1 = 2.68\text{mm}$。

料宽 $B = L + 2b_1 = 69.64\text{mm} + 2 \times 2.68\text{mm} = 75\text{mm}$。

步距（进距）$S = B_{件} + b = 26\text{mm} + 5\text{mm} = 31\text{mm}$。

根据上述工位安排和计算所得基本工艺参数，便可绘制出排样图，见图 5-73。

（2）冲压力计算及设备选择

1）冲裁力 F_O。先按下式求出各冲裁工位的冲裁力 F：

$$F = 1.3Lt\tau \approx LtR_m \tag{5-2}$$

式中，L 为冲裁线长度（mm）；t 为冲裁料厚（mm）；τ 为冲裁材料抗剪强度（MPa）；R_m 为冲裁材料抗拉强度（MPa）。

总的冲裁力为第Ⅰ、Ⅲ、Ⅴ工位冲裁力 $F_Ⅰ$、$F_Ⅲ$、$F_Ⅴ$ 之和，即

$$F_O = F_Ⅰ + F_Ⅲ + F_Ⅴ = 68059.5\text{N} + 97246.8\text{N} + 16821.9\text{N} = 182131.2\text{N}$$

2）卸料力 F_C。卸料力 F_C 可按下式计算：

$$F_C = KF_O \tag{5-3}$$

因该工件 3 个冲裁工位凹模孔结构相同，F_C 计算方法也相同，故用总冲裁力 F_O 进行计算。系数 K 查有关手册得 $K = 0.055$，代入上式便得

$$F_C = 0.055 \times 182131.2\text{N} = 9106.56\text{N}$$

3）弯曲力 F_W。设计采用强力弹压校正弯曲，故可按下式计算弯曲力 F_W：

$$F_W = Aq \tag{5-4}$$

式中，A 为工件压料校正部位的投影面积，可依工件尺寸计算求得；q 为单位校正弯曲力（N/mm^2）。根据该工件材料、料厚，查手册得 $q = 80 \sim 100\text{N/mm}^2$，取 $q = 100\text{N/mm}^2$，则可求出：

$$F_W = Aq = 14 \times 26 \times 100\text{N} = 36400\text{N}$$

4）总冲压力 $\sum F$。总冲压力 $\sum F$ 可按下式计算：

$$\sum F = K(F_O + F_C + F_W + \cdots) \tag{5-5}$$

取安全系数 $K = 1.3$ 并将上述已知量代入式（5-5）便可求得

$$\sum F = 1.3 \times (182131.2 + 9106.56 + 36400)\text{N} = 295929\text{N}$$

5）选用设备公称压力。该工件使用多工位连续模冲制，必然进行连续冲压。一般机械压力机在连续冲压时，因其飞轮转速下降，输出冲压力和冲压功减小，约为间断冲压时的一半，故在选用设备公称压力时，应将计算冲压力增加一倍，参考压力机的标准公称压力系列，就高弃低，选定设备公称压力。该工件所有设备公称压力 F_G 应为

$$F_G \geqslant 2\sum F = 2 \times 295.929\text{kN} = 591.858\text{kN}$$

根据以上计算，该工件用多工位连续模冲制时，所用机械压力机公称压力应选最接近计算 F_G 而又稍大一些的标准系列规格 630kN。此外，还需对冲压功、冲压行程、工作台面尺寸、闭合高度等，按工件图样、排样图、冲模尺寸等，对照压力机使用说明书逐项进行校核后，才能最后确定所选用压力机是否合适。

国产公称压力为 630kN 的 J23-63 型开式双柱可倾压力机，滑块行程为 120mm，最大闭合高度为 370mm，闭合高度调节量为 80mm，工作台垫板厚度为 90mm，台面尺寸：长 × 宽 = 710mm × 480mm，行程次数有 40、50、70、90 ~ 100 次/min 等多种。

根据机械压力机标准化经验数据及计算公式，可由表 5-3 求出其有效功 W、许用最大冲裁料厚 t_{max}。国产机械压力机就其行程次数可分为三种。例如，J23-63 型 630 kN 和 J21-63 型 630kN 两系列同吨位压力机，标准行程数为 65 ~ 70 次/min。大于标准行程数即属“较快行程”，而小于标准行程的为“慢行程”。表 5-3 的计算公式基本适合国产压力机。

表 5-3　机械压力机的有效功 W 及其最大冲裁料厚 t_{max} 与其公称压力 F_G 的关系

序号	机械压力机类型	滑块每分钟行程次数/（次/min）	压力机有效功 W/J		许用最大冲裁料厚 t_{max}/mm	
			间断冲压	连续冲压	间断冲压	连续冲压
1	较快行程	$\frac{250}{\sqrt[4]{\frac{F_G}{10}}}$	$3.15\sqrt{\left(\frac{F_G}{10}\right)^3}$	$1.6\sqrt{\left(\frac{F_G}{10}\right)^3}$	$0.63\sqrt{\frac{F_G}{10}}$	$0.315\sqrt{\frac{F_G}{10}}$
2	标准行程	$\frac{190}{\sqrt[4]{\frac{F_G}{10}}}$	$4.5\sqrt{\left(\frac{F_G}{10}\right)^3}$	$2.24\sqrt{\left(\frac{F_G}{10}\right)^3}$	$0.9\sqrt{\frac{F_G}{10}}$	$0.45\sqrt{\frac{F_G}{10}}$
3	慢行程	$\frac{140}{\sqrt[4]{\frac{F_G}{10}}}$	$6.3\sqrt{\left(\frac{F_G}{10}\right)^3}$	$3.15\sqrt{\left(\frac{F_G}{10}\right)^3}$	$1.25\sqrt{\frac{F_G}{10}}$	$0.63\sqrt{\frac{F_G}{10}}$

根据表中的计算公式，可得到公称压力为 630kN 的标准行程压力机在连续冲压时的能力。

有效功 W 按下式计算并代入已知数据得

$$W = 2.24\sqrt{\left(\frac{F_G}{10}\right)^3}\,\text{J} = 1120.1\text{J}$$

许用最大冲裁料厚按下式计算并代入已知数据得

$$t_{max} = 0.45\sqrt{\left(\frac{F_G}{10}\right)}\,\text{mm} = 3.57\text{mm}$$

已知工件 t、F_O、F_C，则其冲裁功为

$$W_O = K_O\frac{F_S}{1000} \tag{5-6}$$

式中，K_O 为系数，查有关手册得 $K_O = 0.63$；F_S 为实际冲裁力，应为 F_O 与 F_C 之和，即

$$F_S = F_O + F_C = 182131.2\text{N} + 9106.56\text{N} = 191237.76\text{N}$$

则

$$W_O = 0.63\times\frac{131237.76\times1.5}{1000}\text{J} = 180.7\text{J}$$

已知 F_W，弯曲凸模负载行程 $h_w = 29\text{mm}/1000$ 以及双角⌴形弯曲件，采用接触镦压弯曲，系数 K_W 为 0.63，则可按以下公式求得该工件弯曲工位所需的冲压功：

$$W_1 = K_W F_W H_W \tag{5-7}$$

代入已知数据得

$$W_1 = 0.63\times36400\times\frac{29}{1000}\text{J} = 665\text{J}$$

该工件用多工位模连续冲压时总冲压功为

$$\sum W = W_0 + W_1 = 180.7\text{J} + 665\text{J} = 845.7\text{J}$$

经以上计算可得出如下结论：

压力机有效功为：$1120.1\text{J} > \sum W = 845.7\text{J}$

许用最大冲裁料厚 $t_{max} = 3.57\text{mm} > t = 1.5\text{mm}$

选用 630kN 压力机能满足该工件用多工位连续模在冲压力、功及料厚等方面的要求。

（3）结构设计　整体结构采用原 JB/T 8065.4—1995《冷冲模固定卸料典型组合　横向送料典型组合》，配用滑动导向四导柱模架。除弯曲工位另设具有强力弹压顶件器的凹模，

直接装在上模座上外，采用整体凹模和整体固定卸料板，凸模采用铆开法和压入法嵌装入固定板并加垫板装在上模座上。选用 JB/T 7646.1—2008 压入式模柄，加厚固定卸料板至20mm，以保证卸料板兼有对冲裁凸模的导向及横向支撑作用。

为使原材料在模具中进出保持在一个平面，将弯曲凸模置于下模，弯曲凹模在上，由上向下弯曲，冲裁毛刺均在弯曲件内侧。弯曲工位采用镶嵌结构，在弯曲凹模底部装强力弹顶校正装置，弯曲上模亦靠固定卸料板导向。

该模具闭合高度 $h=220\text{mm}$。已知选定的 J23-63 型 630kN 开式双柱可倾压力机最大闭合高度 $H_{\max}=370\text{mm}$，闭合高度调节量 $H_{\triangle}=80\text{mm}$，工作台垫板厚 $h_1=90\text{mm}$，压力机装模空间与冲模匹配关系为

$$(H_{\max}-h_1)-5\text{mm}\geqslant h\geqslant(H_{\max}-H_{\triangle}-h_1)+10\text{mm} \tag{5-8}$$

将上述已知数据代入式（5-8），则得

$$(370-90)\text{mm}-5\text{mm}\geqslant 220\text{mm}\geqslant(370-80-90)\text{mm}+10\text{mm}$$

$$275\text{mm}\geqslant 220\text{mm}\geqslant 210\text{mm}$$

该模具下模座尺寸为：长×宽 $=320\text{mm}\times 270\text{mm}$，远小于选定压力机台面尺寸：710mm×480mm，留有足够的冲模装夹面积，故所选压力机合适。

（4）冲裁凸模的强度计算

1）抗压强度计算。选择孔径最小的凸模，该冲模中 $\phi 2.5\text{mm}$ 冲孔凸模断面最小，受力最大，选其进行抗压强度计算。因凸模为圆断面且 $d<2t$，故按平均压应力考虑：

$$\sigma=\frac{F}{A}=\frac{\pi dt\tau}{\frac{\pi}{4}d^2}=4\left(\frac{t}{d}\right)\tau\leqslant[\sigma] \tag{5-9}$$

凸模满载冲压时危险断面上的平均压应力 σ，必须小于或等于凸模材料按要求热处理后的许用抗压强度［σ］。该凸模选用 Cr12MoV 合金模具钢制造，［σ］$=2200\text{MPa}$。d、δ、τ 均为已知，代入上式则得

$$\sigma=4\times\frac{1.5}{2.5}\times 340\text{MPa}=816\text{MPa}<2200\text{MPa}$$

计算结果表明，凸模抗压强度足够。其他冲裁凸模危险断面 A 均较上述 $\phi 2.5\text{mm}$ 凸模大，亦用 Cr12MoV 材料制造，故不必再验算。

2）凸模抗纵弯稳定性校核。用 Euler 公式计算冲孔凸模纵弯许用最大自由长度 $L_{\max}$ 的通式如下：

$$F_{\text{K}}=\frac{\pi^2 EJ}{(\mu L)^2} \tag{5-10}$$

现将凸模看作承压杆件，最大冲孔力 F，即为压杆产生纵弯时的临界应力 F_{K}。已知凸模材料为 Cr12MoV，取其弹性模量 $E=210000\text{N/mm}^2$，圆形凸模断面的最小惯性矩 $J_0=\pi d^4/64$。上式中，L 即为凸模纵弯许用最大自由长度 $L_{\max}$。μ 为压杆支座系数，因该冲孔凸模为使用导柱模架的卸料板导向凸模，可视为“两端铰接”的承压杆件，取 $\mu=1$。

$$L_{\max}=\sqrt{\frac{\pi^2 EJ}{F}}=\frac{\pi}{8}\sqrt{\frac{Ed^3}{t\tau}} \tag{5-11}$$

则有：

$$L_{\max}=\frac{\pi}{8}\sqrt{\frac{210000\times 2.5^3}{1.5\times 340}}\text{mm}=31.5\text{mm}$$

设计实际采用 ϕ2.5mm 冲孔凸模总长度为 $L_{\Sigma}=78\text{mm}$。其中，装入凸模固定板一段长等于固定板厚度 $H_a=24\text{mm}$；插入固定卸料板导向部分长度等于卸料板厚度 $H_s=20\text{mm}$；则其实际最大自由长度 L'_{max} 为

$$L'_{max}=L_{\Sigma}-(H_a+H_s)=78\text{mm}-(24+20)\text{mm}=34\text{mm}$$

因 $L_{max}<L'_{max}$，故必须对 ϕ2.5mm 凸模采取加固措施。设计采用如图 5-73 所示 ϕ2.5mm 台阶式（即带台肩的）凸模；$L_{\Sigma}=78\text{mm}$，工作端 ϕ2.5mm 长度取 10mm，杆部及装入固定板内一段均采用 ϕ6mm，长度为 68mm。带台肩凸模许用最大自由长度可按下式计算：

$$L_{max}=C\sqrt{\frac{Ed_0^3}{t\tau}} \tag{5-12}$$

式中，C 为直杆与台阶式凸模尺寸比系数，查有关手册可得。

此例中，$C=0.216$。式中其余符号均同前，其数值已知，则有：

$$L_{max}=0.216\times\sqrt{\frac{210000\times6^3}{1.5\times340}}\text{mm}=64.4\text{mm}$$

设计采用的 ϕ2.5mm 凸模将其杆部加固至 ϕ6mm 后，露在凸模固定板外的长度 $L=L_{\Sigma}-H_a=78\text{mm}-24\text{mm}=54\text{mm}$，则 $L_{max}>L=54\text{mm}$。

ϕ2.5mm 凸模杆部加粗后满足了抗纵弯稳定性的要求。

3）冲压精度。推荐按下式近似计算多工位连续模工件尺寸精度：

$$S_0=m_{\delta}\sqrt{n} \tag{5-13}$$

每一工位的送进误差 m_{δ}，对于制造公差为 IT8，送进料宽 $B=30\sim250\text{mm}$ 的普通结构多工位冲模，$m_{\delta}=0.025\sim0.046\text{mm}$；$n$ 为工位数。图 5-73 所示六工位⊔形支架件连续模冲压精度为

$$S_0=(0.025\sim0.046)\sqrt{6}\text{mm}=0.061\sim0.113\text{mm}$$

2. 簧夹弯曲件六工位连续式复合模

图 5-74 所示的⊔形弯曲件，由于弯曲件腿部端头具有 ϕ31mm 弧形爪，腿部中间又有 3mm×3.5mm 扳边，故比图 5-73 所示⊔形件具有更大的冲压难度。该工件需要的基本工艺工序如下：

1）冲孔：底部 ϕ5.6mm 孔及腿部两个 ϕ3.5mm 孔。

2）扳边：两腿部中间 3mm×3.5mm 切口、扳边。

3）弯圆弧夹爪：ϕ31mm 弧爪，口部两处。

4）弯⊔形：腿长约 26mm，⊔形宽 30.2mm。

（1）工位布置及排样　按照先冲孔、切口扳边而后弯曲，以及在多向弯曲中，先弯变形小和容易成形的部位等原则，初步排定各工位的顺序：冲孔、切两口并扳边、弯两端弧爪、弯⊔形。外廓落料有以下两个方案：

1）分段分次逐步切出，并在最后工位才能切断分离。目的是用送进材料携带加工件到达最后工位，将成品工件切断分离出模。另外，还可保持各工位沿送料方向在同一平面直线布置，以简化模具结构。同时，可保证工件毛坯在模具各工位表面随材料送进，在工位间平面传递。

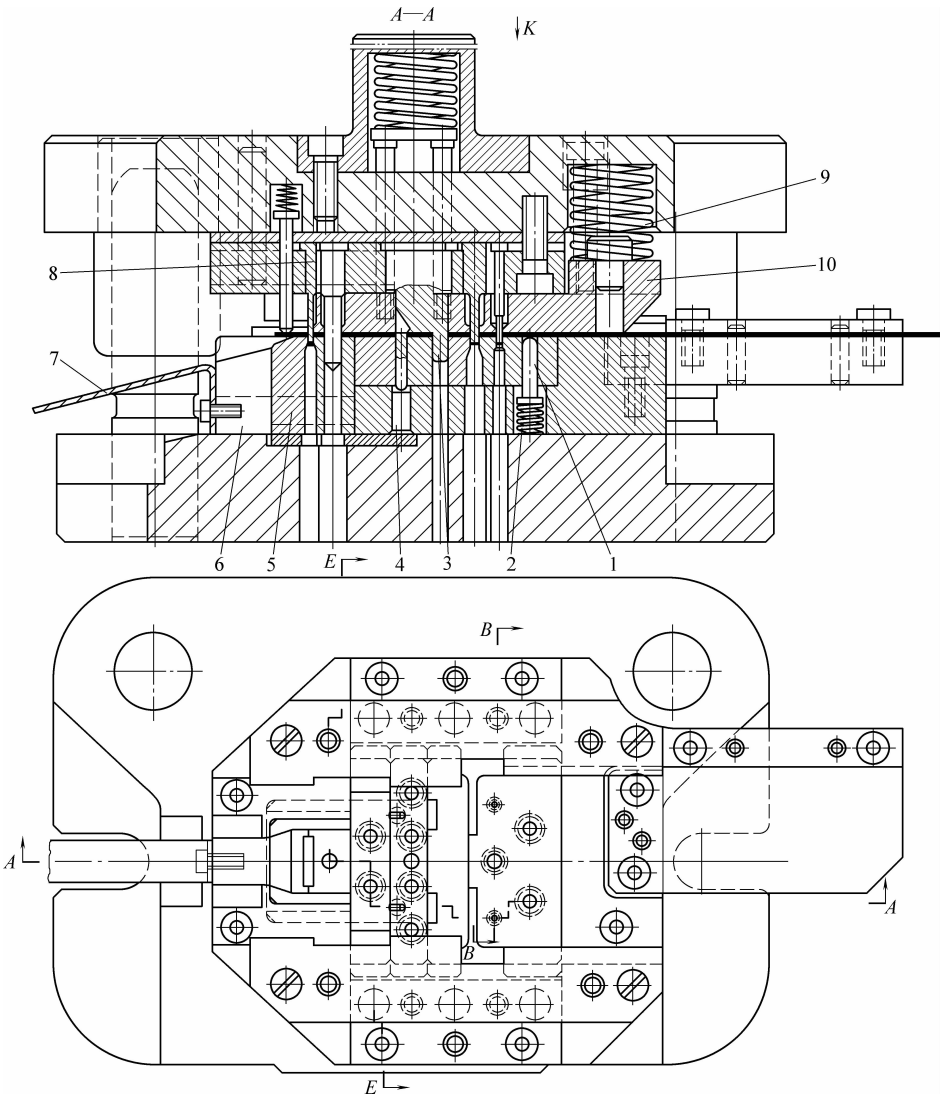
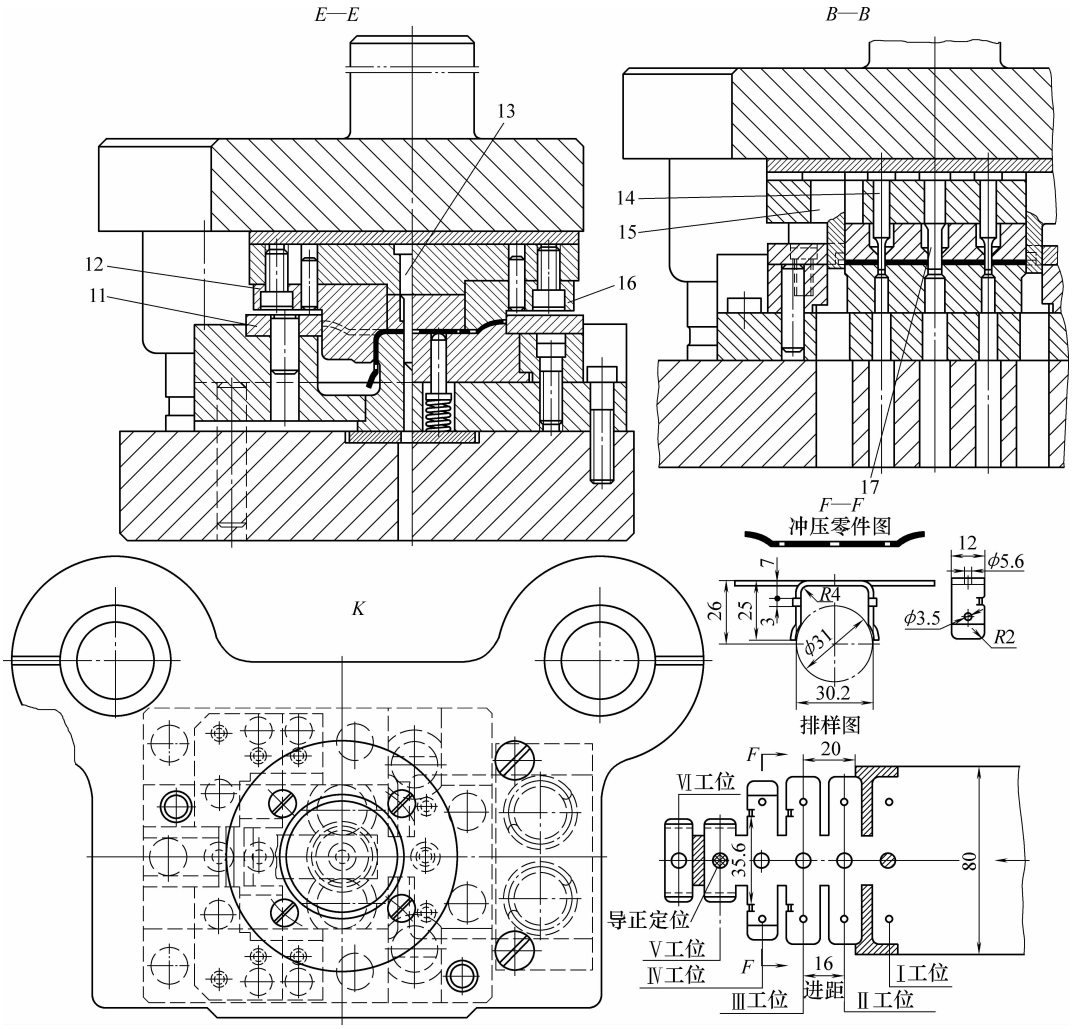


图 5-74　簧夹弯曲件六

1—弹顶销　2、9—压簧　3—导正压料切口上模　4—切口扳边凸模
10—卸料板　11—限位块　12—弯⌴形凸模　13—导正销



工位连续式复合模

5—切断凹模　6—出件斜块　7—斜面滑板　8—切断凸模

14、17—冲孔凸模　15—侧刃　16—弯圆弧上模

2）一次将展开毛坯落料冲出，弯曲工位便不能沿送料方向直线布置。因为落料毛坯从凹模漏出后，必须用专门送料系统，一般采用楔驱动滑板机构、楔驱动摆杆机构或楔驱动拉杆机构等，将单个毛坯送到弯曲工位。由于落料毛坯在凹模底面漏出，其推送系统必然要装在毛坯出模平面以下，与弯曲工位保持在同一平面，故弯曲与冲裁工位呈台阶布置。又因沿送料直线方向模具上装有承料板，并考虑送出料空间已不可能再装斜楔、摆杆之类等推送毛坯的机构，故只能垂直或倾斜于送料方向，设置展开毛坯送进系统与弯曲工位，这使模具结构较复杂且不易制造。

图 5-74 所示工位布置及排样采用了第一方案。为此，只能采用裁搭边法逐步切除工件外廓废料。最后工位切断中间搭边，分离出成品工件。

（2）进距限位及导正定位　为了增加裁搭边凸模的强度，以适应连续冲压及大量生产的需要，将搭边宽度 a 适当加宽至 4mm；为制模方便并增加侧刃强度，取侧搭边即沿边 $b_1=b$。侧刃与裁搭边凸模组成成形侧刃，实现第Ⅰ工位的送进限位，并冲出展开毛坯的端头大部轮廓。经计算展开毛坯尺寸：长 × 宽 $=L\times b=72\text{mm}\times 12\text{mm}$；取搭边 $b=4\text{mm}=$ 侧搭边（沿边）b_1，料宽 $B=L+2b=72\text{mm}+8\text{mm}=80\text{mm}$，步距（进距）$S=B+b=12\text{mm}+4\text{mm}=16\text{mm}$。

为确保各工位送进精度，采取以下结构措施：

1）送料进距均由图 5-74 所示送进定位面控制。

2）在Ⅲ工位上模设导正定位块，在切口扳边压料之前，先插入Ⅱ工位搭边切缝中导正定位。

3）在Ⅴ工位利用工件底部 ϕ5.6mm 孔，设导正定位销，确保Ⅵ工位切断尺寸精确。

（3）卸料系统　该模具采用标准后侧导柱模架，使用强力弹压卸料板并加厚卸料板，用于对冲裁凸模导向。在模体外加设较长的承料板，以便于自动送料。为出件方便，除在切断凸模旁设弹顶器之外，还在切断凹模表面设计出落料斜面，并增设一滑落斜面板，切断分离出的工件可利用自重沿斜面板滑落入零件箱。为使工位间送进顺畅，在Ⅰ、Ⅲ、Ⅳ工位凹模内均设有弹顶器，可以把坯件及材料在模具开启后立即顶出。

为提高冲压精度，首先要保证并提高冲模制造精度。除增加导向定位装置外，凹模采用按工位拼块组合结构，弯曲凸模采用拼合镶嵌。

该模具的设计计算方法同图 5-73 所示模具。

5.5　板料弯曲件的组合对称弯制一模成形

仪表机芯机构的结构零件经常采用高精度、非对称形板料弯曲件，尺寸小、形状复杂，尺寸与几何精度要求高。采用成对组合、对称排列的裁搭边与裁沿边组合拼切排样，进行有废料冲裁并一模弯曲成形，不仅可提高冲件质量，成倍提高生产率，而且为冲压过程的机械化与自动化创造了有利条件。

5.5.1　传统弯曲工艺的问题及改进

用各种复杂形状的板料弯曲件取代笨重庞大的铸锻件、铆焊件，是各类机电与家电产品结构轻型化、小型化经常采用的手段，特别是仪器仪表产品，更是如此。因此，所需各种板料弯曲件品种与数量越来越多，而且形状越来越复杂，精度要求也越来越高。组合对称弯曲

一模成形，已逐渐成为一种经常采用而有效的工艺技术手段。

用传统冲压工艺生产板料弯曲件，特别是一些形状复杂的弯曲件，如多角弯曲件、多向弯曲的复杂弯形件、带枝芽的卷圆件、有群孔多槽的异形扳边件等，通常多采用分序多模冲制：落料展开平毛坯再分序弯曲成形；用连续模冲孔（槽孔、切口）而后在弯曲模上弯形。这种传统工艺的主要缺点如下：

1）工件质量差。用几套冲模冲制，多次入模重复定位，工件的一致性差，互换性不好，给产品的装配及修理更换配件带来麻烦。同时，工件的尺寸与几何精度达不到要求，尤其是工件内孔与外形的同轴度、各弯角相对的位置度等经常超差。

2）生产率低。由于分序多模冲制，工艺路线长，占用机床与操作人员多，耗用工（台）时多，综合废品率高，生产率低。

3）操作不安全。分序多模冲制大多使用单工序冲模。这类冲模多采用敞开式、无导向、无安全防护设施。特别是小尺寸薄料工件半成品，在入模冲压时，多用手工送料入模，操作不安全，容易发生压手断指事故。

4）生产成本高。绝大多数这类弯曲件，不使用单工位综合式复合模（即复合弯曲模）冲制。因为一般弯曲件都有较长的弯边，多数为消减其弯曲后产生的回弹，都要用接触校正弯曲法弯曲。弯曲凸模必须将弯曲件压紧、镦压在具有弹顶垫的弯曲模腔中。复合模难以在落料展开平毛坯后，再进行这种需要较大行程的弯曲作业。但这并不是说任何弯曲件都不能用单工位复合模冲制。用特种非标准结构的弯曲复合模，冲制高精度薄料小尺寸短弯边弯曲件，实际生产中也有应用，但不多见。用常规的单工位复合模结构冲制小尺寸、短弯边弯曲件，由于模腔弯角在试模后要反复修准，同一工位的落料刃口与弯曲模腔自然磨耗差别很大，修理难度较大，故这类复合模使用不广泛。多数中小型板料弯曲件可以用连续冲压一模成形工艺，尤其是一些开式单边弯曲的非对称零件、一些小尺寸复杂形状的零件，采用连续模组合对称弯曲一模成形多件，取代传统的分序多模冲制工艺，技术经济效益十分显著。

由传统老工艺分序多模冲压，过渡到一模成形，需要注意解决如下几个问题：

1）弯曲方向与材料纤维方向的相互位置。

2）展开平毛坯落料的毛刺方向及其外形尺寸精度的控制。

3）消减弯曲成形后工件回弹的措施及回弹量的控制。

4）弯曲成形所需模具工作空间的大小及行程。

5）冲压方向以外弯形的位置及所需行程、弯曲力，以及冲模需要设置横向施力冲压机构。

6）连续冲压的合理流程及工位安排与布局。

7）工位间的送进方式，尤其到变形工位的送料方式。

8）选定合理的连续冲压排样方式。弯曲件用多工位连续冲压一模成形，大都采用有沿边、有搭边的排样类型，进行有废料冲裁与弯曲成形。

9）组合对称弯曲的可行性及一模成形的工艺方案对比、优选。

10）弯曲件连续冲压一模成形、成对组合对称弯曲成形的工艺性、可行性，以及在连续模上加工，要采取的结构措施、冲压加工的难点及对策。

5.5.2　板料弯曲件组合对称弯曲的要求与条件

欲采用组合对称排样连续冲压一模成形的板料弯曲件，要具备如下的基本条件：

1）具有开式、非对称、单边弯曲成形的板料弯曲件，有可能实现组合对称排样连续冲压成形。

2）成对组合后可以构成一个具有轴对称的新的、开式弯曲件。弯曲成形时的弯曲力及弯曲产生的侧向力，沿对称轴线两边平衡。

3）组合对称弯曲一模成形两件或多件，应以正弯或反弯为主，便于沿冲压方向冲弯成形，卸件与出件都较方便。靠横向施力侧弯成形，将使冲模结构趋于复杂化。不仅模体庞大，而且模具运作不平稳、噪声大。

4）欲用连续式复合模一模成形，冲制成对组合对称弯曲成形的板料弯曲件，必须进行有搭边排样，大多用送进原材料携带展开毛坯，至最后的弯曲工位或切断弯曲复合冲压工位完成冲制。这样可以保持连续式复合模的各工位，在同一平面、沿送料方向呈一字形排布，模具结构简单。有些弯曲件弯边高度大。采用上述直线式工位布局，弯曲成形零件因压力机滑块行程所限，从模具中取不出来甚至不能弯曲成形。这种情况下，采取落料展开毛坯从其凹模孔下漏件出模，弯曲工位比毛坯落料工位低一个冲裁凹模厚度，由专设送料机构推送展开毛坯到弯曲工位冲弯成形。模具诸工位不在一个平面上且呈 L 形排布。同时，还要设计一套专门推送料装置。一般采用斜楔传动的楔—推（滑）板送料装置。冲模结构因而复杂得多，模体也庞大得多。

5）组合对称弯曲的工件，在组成对称弯曲时，无论是成对组合或多件组合，均看做是一个全新的弯曲件。在编制工艺方案前，对其弯曲工艺性进行复核。从其展开平毛坯的冲裁工艺性开始至弯曲成形，对组成新弯件结构形状的每个尺寸进行复核，以便于通过采用不同冲模附加结构，实施冲压，或通过修改冲压零件尺寸解决。对于孔边距、孔壁厚，以及凸台与凹口尺寸等都小于料厚的展开毛坯，可分别采用增加冲裁工步、镶拼凸模与凹模等措施。对于弯角顶部及相邻部位冲孔、切口，都要在弯曲前完成，弯曲后应允许有少许变形。尺寸精度超过 IT10，将给冲模结构设计与制造增大难度。

6）组合对称弯曲的工件及其展开平毛坯的尺寸有一定限制：

① 两件或多件组合后，所需连续式复合模的凹模尺寸不应超过有关标准规格的最大凹模周界：长 × 宽 = 315mm × 250mm。

② 最大弯边高度 $h_{件}$ 应小于所选用压力机滑块行程 H 的 45%，即：$h_{件} \leqslant 0.45H$。

③ 总的冲压力 F_{Σ} 应小于所选用压力机公称压力 F_{G} 的 50%，即：$F_{\Sigma} \leqslant 0.5F_{G}$。

④ 总的冲压功 W_{Σ} 应小于所选压力机在连续冲压过程中，当其飞轮转速下降至额定转速的 90% 时可输出的有效冲压功 W，即 $W_{\Sigma} < W$。

⑤ 推荐这类弯曲件料厚 $t \leqslant 4.75$mm，即限用于薄板与中厚板弯曲件加工。

7）在成批和大量生产中，优先推荐用组合对称弯曲件连续冲压一模成形技术。

在生产现场，大多采用组合对称弯曲件连续冲压一模成形技术生产中小型板料弯曲件，如图 4-18、图 4-35、图 5-55、图 5-57 所示的冲模结构。

上述冲模结构及排样方法，具有广泛的代表性和典型性。一般小尺寸薄料复杂形状弯曲件，大多采用这种裁沿边和搭边的组合拼切排样方法，而且多以双列直排、对称排较多，通过多工位逐步切除工艺废料（即沿边、搭边），获取展开平毛坯的外形，留下中间一小部分搭边作为送料携带工件到各工位冲压的纽带。其共同点如下：

1）都用裁沿边和搭边拼切组合排样方法，实施成对组合弯曲成形工件的展开毛坯冲裁与落料。

2）先完成冲沿边、裁搭边、冲孔等冲裁工步，而后切断弯曲成形，最后落料或弯曲后切开。

3）用送料携带工件，实现工位间送进。

4）诸工位均沿送料方向，在同一平面上呈直线布局，冲模结构尽量简单。

5.5.3　组合对称弯曲件的冲模结构示例

1. 挡板组合对称弯曲七工位连续式复合模

图 5-75 所示弯曲件为仪表机芯座限位挡板，材料为 10 钢冷轧板，料厚 $t=1\text{mm}$。该零件是一个开式单弯角 135°、宽 20mm、无精度要求的一般弯曲件。但在其固定边有一个位居中心的翻边凸缘，用于拧入 M4 固定螺钉，翻边内孔 $\phi3.3\text{mm}$，后续攻螺纹。翻边凸缘高 $\geqslant2.6\text{mm}$，保证拧紧螺钉需要的螺纹长度。经常规计算需要进行预冲孔翻边，预冲孔直径 $d=1.2\text{mm}$。

最初该零件采用传统的分序多模冲压工艺，即落料、冲孔、弯曲、翻边四道工序，四套冲模冲制。随着产品由小批生产转而投入大量生产，月产量由 1500 件增加到 5 万件，改用图 5-75 所示七工位连续模一模成形，而且为一模两件成对组合冲制，生产率提高 25 倍，节省三台压力机、三个操作工，班产由人均不足 500 件，增加到 24000 件左右。

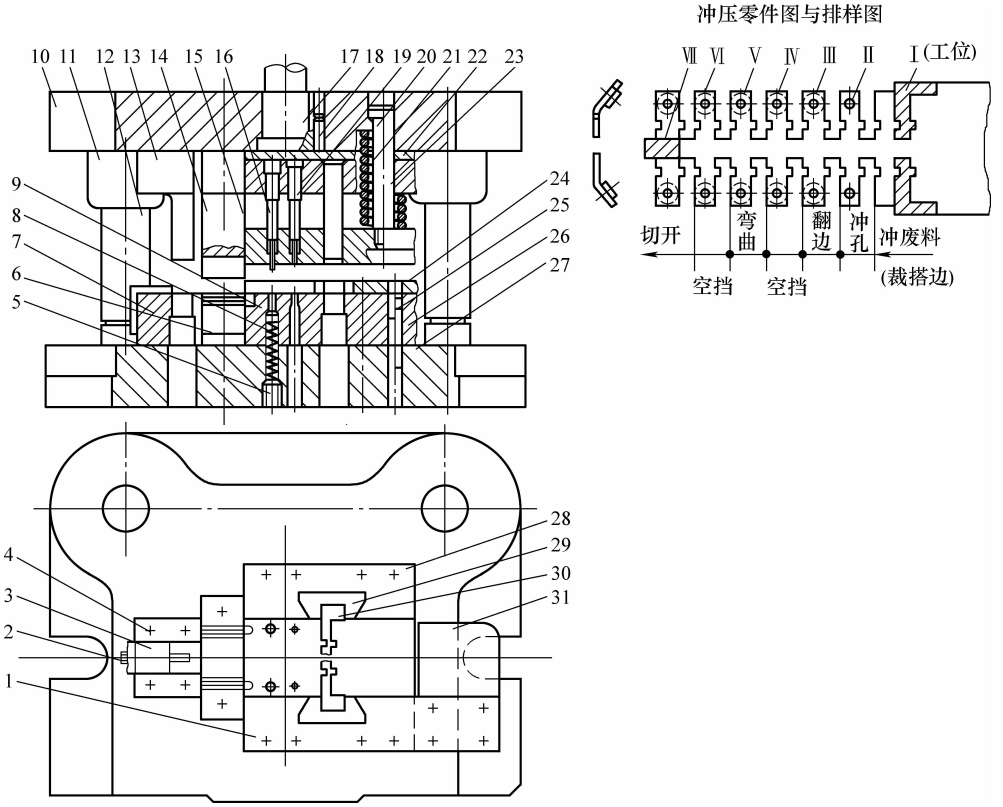


图 5-75　挡板组合对称弯曲七工位连续式复合模

1—左导料板　2、20—螺钉　3—定位板　4、7—切开凹模　5—螺塞　6—弯曲凸模　8、21—压簧　9—顶件器　10、27—上、下模座　11—导套　12—导柱　13—切开凸模　14—弯曲凹模　15—卸料板　16—翻边凸模　17—模柄　18、23、25—圆柱销　19—冲孔凸模　22—垫板　24、28—右导料板　26—凹模　29—侧刃挡块　30—成形侧刃　31—承料板

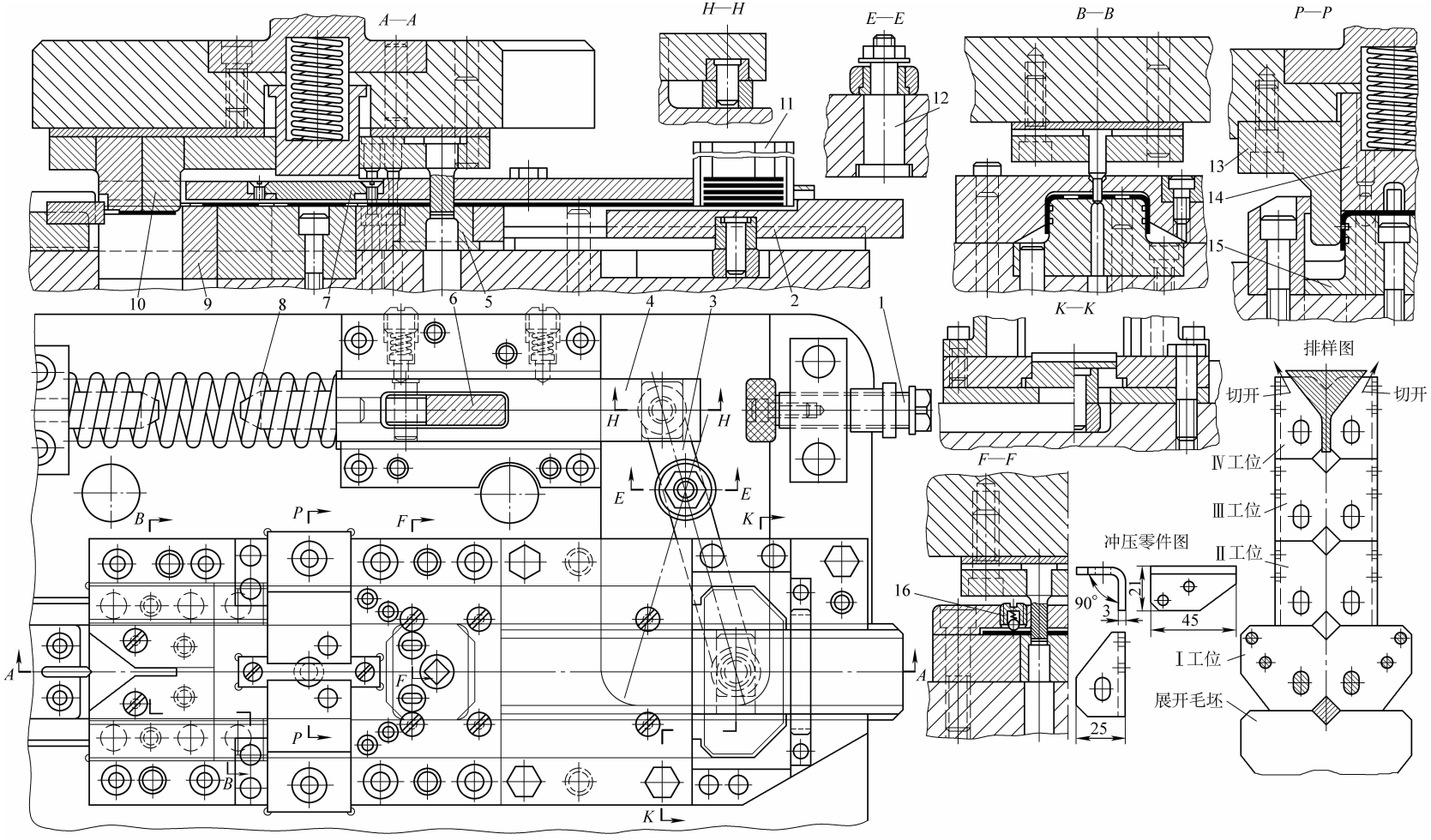


图 5-76　角支架组合对称弯曲四工位连续式复合模

1—调整定位器　2—送料滑板　3—摆杆　4—楔滑块　5—凹模镶块　6—斜楔　7—转轴　8—弹簧
9—切开凹模拼块　10—切开凸模　11—料斗　12—转轴　13—弯曲上模　14—弹顶卸件器　15—弯曲凸模　16—弹性顶料器

挡板冲压工艺，按成对组合对称两列并排有搭边排样，进行有废料冲裁。用成形侧刃冲切搭边获取展开毛坯的大部分外廓，仅留中间一部分搭边与展开毛坯连接，实现用送进原材料携带工件，至后续各工位。预冲孔、翻边均在弯曲成形前完成。

该冲模主要结构特点如下：

1）采用由上向下弯曲实现成对弯曲成形。沿送料方向的横轴线，弯曲力及由此产生的侧向力一律向下对着模座且基本平衡，模具运作平稳。

2）采用成对成形侧刃，为实现成对组合冲切搭边创造了条件，并很好地控制了送距进距，使每一工位送料偏差≤ ±0.15mm，确保了工件冲压精度。

3）七工位及工步顺序示于排样图上，空挡工位保证了凹模寿命及凸模在固定板上有足够的安装位置。

2. 角支架组合对称弯曲四工位连续式复合模

图 5-76 所示为角支架弯曲件采用两件组合落料毛坯片料，再用四工位连续式复合模进行连续冲压一模成形的实例。

角支架是大型仪器的承力构件，材料为 45 钢冷轧钢板，料厚 $t=3$mm，形状简单，是一个单角 L 形 90°弯曲件。零件上有群孔与大的倒角，冲裁力与弯曲力都较大。

如图 5-76 所示，单角弯曲件经组合而成为对称弯曲的双角弯曲件。工艺采用展开毛坯用单工序落料模完成，并且为两件组合展开毛坯落料，再用连续式复合模冲孔、弯曲成形后切开。

该冲模的结构设计具有以下特点：

1）设计成自动送料的冲裁、弯曲、切开连续式复合模。

2）冲模送料设计了单作用驱动斜楔传动的楔—摆杆带动的滑板送料系统，由冲模入料口上方的专用料斗储存落料毛坯，料斗下部由滑板逐件推送毛坯入模进行冲压。冲成的工件靠模孔漏件出模。

3）模具各工位均用镶拼组合结构。

4）送料进距可通过摆杆机构调整。

5.6　板料弯曲模结构设计的提示

板料弯曲件的尺寸和几何精度控制是弯曲工艺成功实施的标志，关键取决于弯曲工艺合理性与弯曲模的结构先进可靠。为此，对弯曲模的结构设计给出如下一些提示。

5.6.1　板料弯曲模结构设计要解决的难题

（1）弯角超差　冲压材料弯曲后回弹很难精准控制。为事先掌握每批材料弯曲回弹量，建议对每批板料做一次实际弯角的弯曲工艺试验，为修准弯模弯角提供精准设计参量。

（2）弯曲件展开长度的精准确定　理论上计算和图算弯曲件展开毛坯长度的方法虽然很多，但原理是一样的。迄今，还没有一种计算或图算方法能够精准确定板料弯曲件展开毛坯长度。由于影响弯曲毛坯准确展开长度的因素很多，牌号相同，不同批次，力学性能就有所差别。如果能对每批材料做一次实际的弯曲成形试验，根据试验数据，掌握弯曲后材料伸缩量，便可对弯曲毛坯展开长度精准敲定。

（3）弯曲侧向力的平衡与消减　弯曲单角及不对称多弯角弯曲时会产生偏载，设计弯

曲模时应设止推台（靠山）或成对弯曲单角，消减和平衡侧向力，保证冲模平稳运作。

5.6.2 确保弯曲件精度的冲模结构措施

1）弯模间隙应合理并注意控制落料毛坯尺寸精度。如果设计多工位冲裁连续弯曲成形模，工位间宜采用携带法送进材料，各工位应设导正销。

2）为使弯曲件达到更高精度、更小的几何偏差，应考虑采用校正弯曲及冲击校正弯曲。

3）以人为本，安全第一，设置专用或通用自动送料装置。

5.6.3 弯曲模结构选型的一些建议

1）按弯曲件形状及复杂程度选择并设计弯曲模结构形式。为保证操作安全并提高效率，宜采用多工位连续模一模成形，不推荐分序多模冲压工艺。

2）由于刃磨困难，不推荐设计落料—弯曲单工位多工步复合模结构。

3）闭式弯曲件一般要进行有芯弯曲，宜设计单工序弯曲模。设计成多工位连续模要设抽芯机构，使其结构趋于复杂化。

第 6 章　拉深模的结构设计

利用拉深模将事先经冲裁板、条、带或卷料获取的平板毛坯，拉深变形成开口空心的立体形零件的拉深作业，是板料冲压工艺中主要的成形作业之一。在板料冲压的众多成形作业中，拉深是广泛用于制造各种形状空心立体形零件的冲压方法，在机电与家电产品的成批与大量生产中，大至飞机座舱、汽车覆盖件，小至手表壳及其手把盖头以及日常生活用品，如锅、碗、勺、盆、盒、盖等金属制品，都是用板料拉深加工的成品。由此可以看出，拉深所用模具种类之多、尺寸与结构差别之大，在冲模中是不多见的。本章主要介绍普通全钢冲模中用于一般中小型拉深件的拉深模的类型及结构设计。

6.1　板料的拉深成形

6.1.1　板料拉深的特点

板料冲压的各种工艺作业工序基本上可以分成以下两大类：

第一类是用刃口类模具。冲压加工的板料受外力后，应力超过其强度极限，而使板料发生剪裂或局部剪裂，通常是按模具刃口形状发生设定的剪裂，使材料分离。这种工序称为分离工序。

第二类是用型腔类模具，亦称成形类模具。在进入模腔的板料受外力后，应力超过其屈服强度，经过塑性变形后成一定形状，通常是按模腔形状发生设定变形，使材料变形成所需形状。这种工序称为变形工序，即成形工序。

拉深就是板料冲压中的一种变形作业工序，属于成形作业范畴。

从图 6-1a 可以看出，将料厚为 t、直径为 $D_{坯}$ 的圆片平毛坯放入拉深模，用压边圈 2 施以压边力 F_1，将毛坯压在拉深凹模 4 的表面，拉深凸模施加拉深力 F_0。由上向下拉深板料，获得直径为 d、高度为 H 的开口空心有底的圆筒形工件。

如图 6-1 所示，平板毛坯拉深成圆筒工件的过程具有以下特点：

1）所用模具的工作零件，即凸模与凹模，没有冲裁模凸模与凹模那样的锋利刃口，而且都带有很大的光滑圆角。

2）冲制成品没有与原材料分离，而只是变形。

3）拉深工件的形状与尺寸取决于拉深模。

4）拉深模可以用压边圈，如图 6-1a 所示，也可以不用压边圈；拉深件料厚变薄，还是不变薄，是两种不同的拉深工艺，所用拉深模结构有别。

6.1.2　拉深工艺的种类

用平板毛坯和拉深半成品坯件进行拉深获取拉深成品零件，有多种不同的拉深工艺方法。

1. 按拉深前后料厚变化分类

（1）不变薄拉深　拉深用毛坯料厚与拉深所获零件厚度相等，或局部有较小的波动，但平均料厚基本不变，称之为不变薄拉深。因为这种拉深工艺应用极广，故通常所说的拉深，就指的不变薄拉深。

（2）变薄拉深　毛坯料厚经拉深后按设定值变薄。用小于拉深毛坯壁厚的拉深间隙，对毛坯施以强大压力，强力拉深，使其壁厚减薄，见图 6-2a。这种拉深工艺类型虽然在实际生产中，没有不变薄拉深应用广泛，而且绝大多数仅用于直壁圆筒形零件生产。但其使用的变薄拉深方法较多，除用普通钢模在普通压力机进行拉深外，还可用如图 6-2d、e 所示不同结构的模具，在钻床上进行旋转变薄拉深，见图 6-2d；也可在普通车床上进行旋压变薄拉深，通称“赶形”，见图 6-2e。

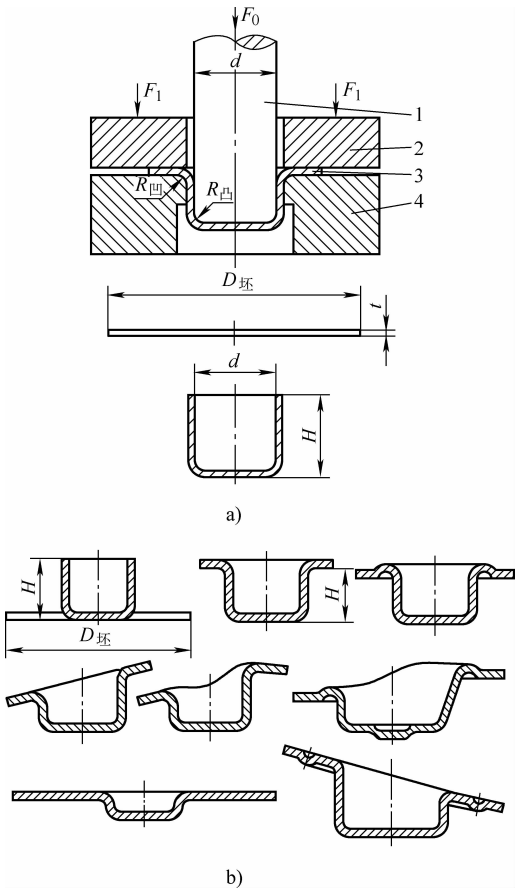


图 6-1　拉深过程及圆筒拉深件

a）拉深过程　b）各种形状的圆筒拉深件

1—凸模　2—压边圈　3—毛坯　4—凹模

2. 按拉深方向分类

在平毛坯首次拉深之后的各次拉深中，可能出现以下三种情况：

1）按首次拉深方向，即拉深凸模由坯件上部向下，顺着上一次拉深凸模对坯件的拉深方向继续拉深，称为正拉深。

2）与上一次拉深凸模的拉深方向相反，由坯件底部外表从下向上反向拉深，称为反拉深。反拉深将坯件外表面内翻，原有外表的擦伤、划痕都翻为内面，不影响外观。由于反拉深坯料与凹模接触面比正拉深大，材料流动阻力大，比正拉深相同工件的拉深力大 20% 左右。有些形状特殊的拉深件，如具有双重侧壁、底部凹入的以及口部有双层凸缘的拉深件等，用正拉深难度大，见图 6-3c，用反拉深则十分方便。

3）同一拉深零件的同一工位上，在同一行程中实施正、反拉深。

3. 按拉深工艺方法分类

迄今已知的板料拉深工艺中，除用于成批与大量生产的常规拉深工艺外，还有一些适用于单件小批生产的拉深工艺以及一些新的拉深工艺技术，尽管多数还未进入推广应用阶段，但已显示出巨大的优越性和推广应用的广阔前景。

（1）传统的常规拉深工艺　对成批与大量生产的中小型拉深件，使用普通全钢拉深模、普通压力机与双动拉深压力机进行分序多模拉深。

（2）带料的连续拉深工艺　对于小型拉深件，采用多工位连续复合模连续拉深一模成形。通常采用带料或卷料进行连续生产。该工艺也属于常规拉深工艺的一种，有整带料连续拉深和用工艺切口连续拉深两种方法。

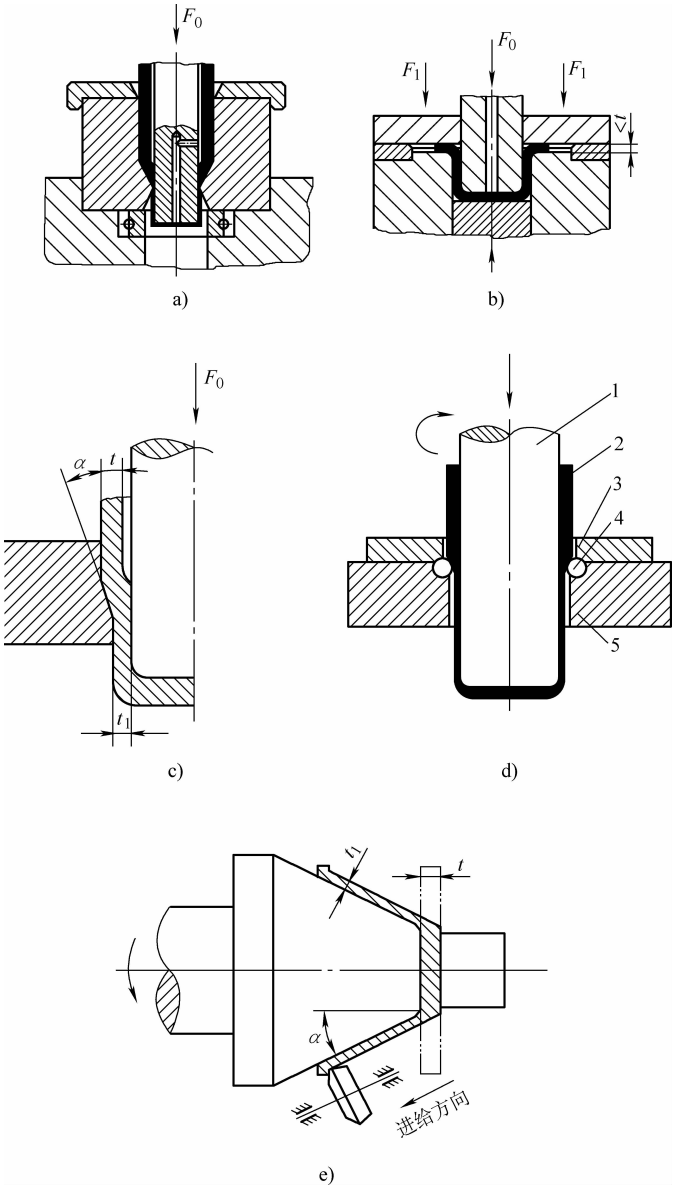


图 6-2　变薄与不变薄拉深

a）变薄拉深　b）不变薄拉深　c）变薄拉深过程　d）旋转变薄拉深　e）旋压变薄拉深

1—凸模　2—毛坯　3—压盖　4—滚珠　5—转盘

（3）软模拉深工艺　拉深模的凸模或凹模两者其一是用液体、橡胶代之，并与钢质凸模或凹模配合进行板料拉深。

（4）差温拉深工艺　用一套特殊的专用设备，对拉深过程中的毛坯按拉深变形对其强度的不同要求，随时进行局部加热和局部冷却，以使在拉深模的不同部位的毛坯能适应变形的需要而具有不同的强度，从而提高其许用变形程度，减少拉深次数。这就是差温拉深工艺。具体做法是，在拉深过程中，将压边圈和凹模之间的毛坯变形区加热到设定温度，降低其变形抗力；同时，对拉深凹模圆角部分和拉深凸模内进行通水冷却，使拉深毛坯移动的传力区强度不降低，从而降低其极限拉深系数，减少拉深次数。

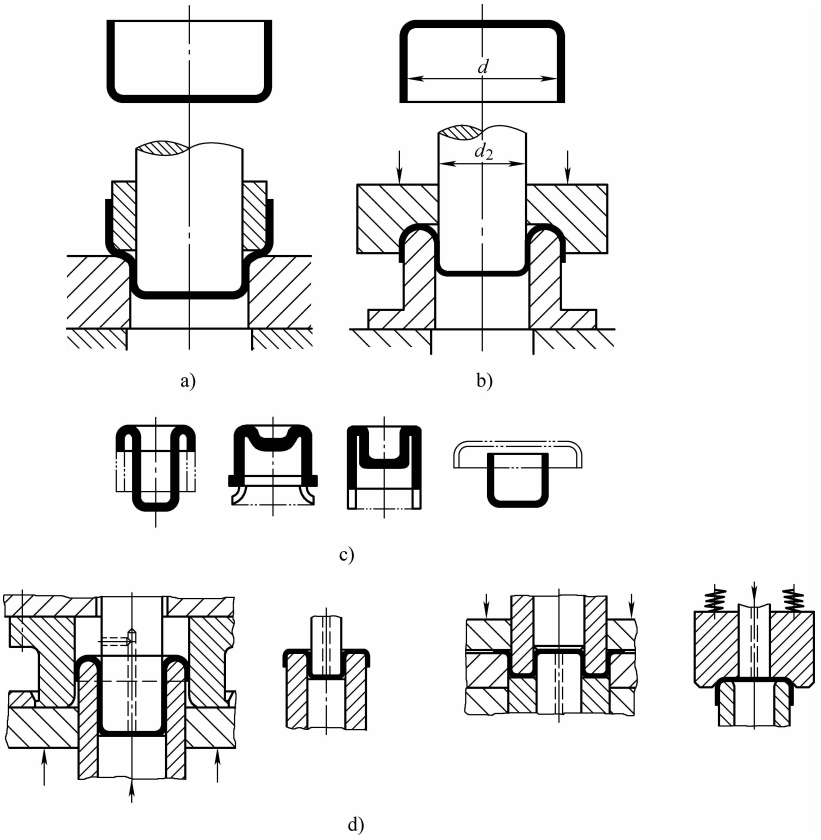


图 6-3　正拉深与反拉深比较

a）正拉深过程及模具结构　b）反拉深过程及模具结构

c）用反拉深完成的零件形状　d）反拉深及正反拉深过程及模具结构

（5）其他拉深工艺　除上述拉深工艺之外，还有诸如旋转变薄拉深、旋压变薄拉深、加径向压力的拉深等。

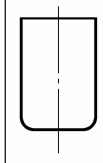
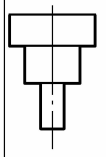
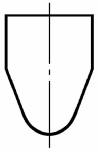
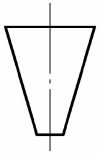
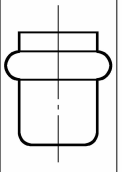
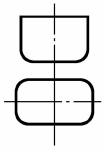
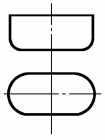
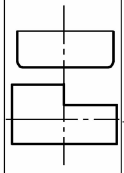
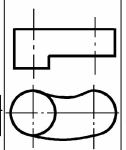
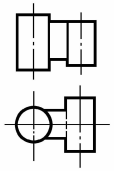
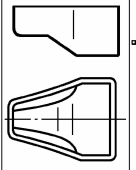
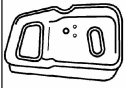
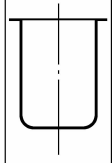
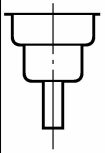
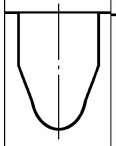
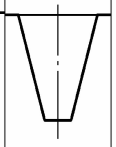
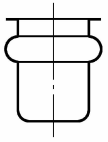
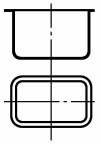
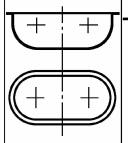
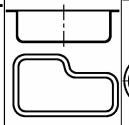
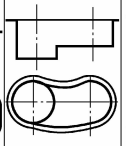
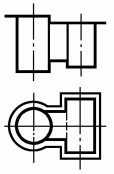
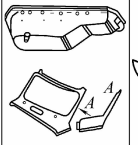
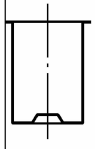
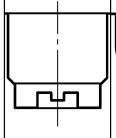
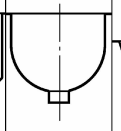
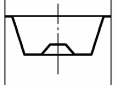
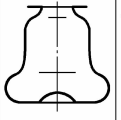
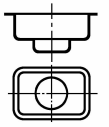
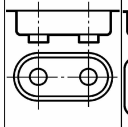
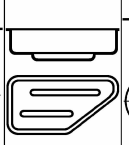
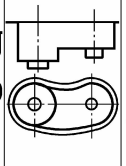
4. 按拉深模结构分类

拉深工艺按拉深模结构分为：不用压边圈的拉深工艺、用压边圈的拉深工艺、用锥面的和带筋的及特殊压边圈的拉深工艺等。

6.1.3　拉深件的类型

现代冲压技术的迅速发展以及板料拉深工艺不断进步和创新，使得用板料拉深出的拉深件的种类越来越多，形状越来越复杂。对于中小型板料拉深件，按其平面图、侧壁的形状及整体拉深复杂程度，可大致归纳为三大类十多种，见表 6-1。

表 6 - 1　拉深件分类表

特征	普通不变薄拉深件类型												
	Ⅰ					Ⅱ					Ⅲ		
	旋转体拉深件					盒子形拉深件					复杂形状的拉深件		
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3
	圆筒形	台阶圆筒形	曲线形	截锥形	侧壁为凸凹圆弧构成的复杂形状	平面为方形、矩形盒子	平面为长圆形、椭圆形盒子	平面为多边形的盒子	平面为曲线形的盒子	平面为对称或不对称任意复杂形状的盒子	对称于一个平面的汽车覆盖件	不对称的汽车覆盖件	带凸缘的汽车覆盖件
平口，平底，无凸缘													
口部带凸缘，平底													
口部带凸缘，非平底，有凸、凹形底面													

6.2 拉深件的展开毛坯形状与尺寸

准确而迅速地绘制出拉深件的展开平毛坯图，是编制拉深工艺和设计拉深件毛坯落料模、拉深模首先要进行的工作之一。而绘制拉深件的毛坯图是按其展开（平面）图，根据拉深过程中材料流动方向及变形特点，就其形状进行合理设计的结果，而不仅仅是将拉深件，特别是一些不对称、复杂形状的拉深件，进行机械的几何展开。在板料拉深过程中，材料总是向阻力最小方向流动，而受模具模腔形状及不均匀受力的制约，才拉深变形成所需要形状的拉深件。因此，拉深件展开毛坯在形状上要服从压力加工理论中著名的“最小阻力定律”，与拉深件形状接近；因拉深过程中，材料密度不变，故要符合体积不变定律，拉深前后体积相等，即便是变薄拉深，也不例外。

6.2.1 板料拉深件展开毛坯的特点

1）展开毛坯的体积、质量与拉深零件完全相等。

2）不变薄拉深时，展开毛坯的表面积与拉深零件的表面积相等。

3）普通拉深成形的旋转体拉深件，其展开毛坯均为圆形。

4）非旋转体拉深件的展开毛坯形状，按拉深件形状分类如下：

① 多次拉深成形的高方形盒、矩形盒拉深件，其展开毛坯与拉深用毛坯有别，实际使用均为圆形拉深毛坯。

② 非对称复杂形状拉深件的展开毛坯是用平面几何作图法，分步几何展开，根据变形和材料流动需要加以调整，各部之间用圆弧连接圆滑过渡。其整体形状与拉深件的平面图相似，见图 6-4a ~ k。

6.2.2 拉深件展开毛坯尺寸的计算

任意形状的拉深件，无论采用哪种拉深工艺，均可按等量法计算，即拉深前后材料密度不变，拉深毛坯的质量、体积与拉深零件相等。在不变薄拉深中，拉深毛坯的面积与拉深零件的面积也相等。在表 6-2 所列的拉深零件展开毛坯的各种计算法中，按照实际情况选择合适的计算方法进行计算。

在计算展开毛坯尺寸并确定实际需要的拉深毛坯尺寸时，应注意以下几点：

1）增加修边余量 $b_{修}$。表 6-2 各算式都只能计算出成品拉深零件的展开毛坯尺寸。而在拉深成形过程中，由于材料的各向异性、金属流动条件的差异、拉深间隙不均匀及润滑效果的差别等，拉深件口部常常呈波浪形不齐，通常都要切边。按表 6-2 的计算公式算得拉深零件展开毛坯是净毛坯，加上修边余量才是实际所需的拉深毛坯。

对于一般圆筒形拉深件，修边余量 $b_{修}$ 可从表 6-3、表 6-4 选取；而不对称复杂形状的拉深件，由于材料变形的不均匀，修边余量要远大于表 6-3、表 6-4 中的数值，因件而异，没有一定规律，只能在试模后确定。

2）精准的拉深平毛坯的形状与尺寸，都是在拉深模制成后通过试冲后实测获得的。因此，复杂形状拉深件的毛坯落料模，总是在拉深模制成并通过试模合格后，才投入制造。用理论计算法获得的拉深毛坯尺寸，一般偏大，可以不在另加修边余量。常用的旋转体拉深件毛坯直径计算公式见表 6-5。建议通过拉深模试模，修准计算结果。

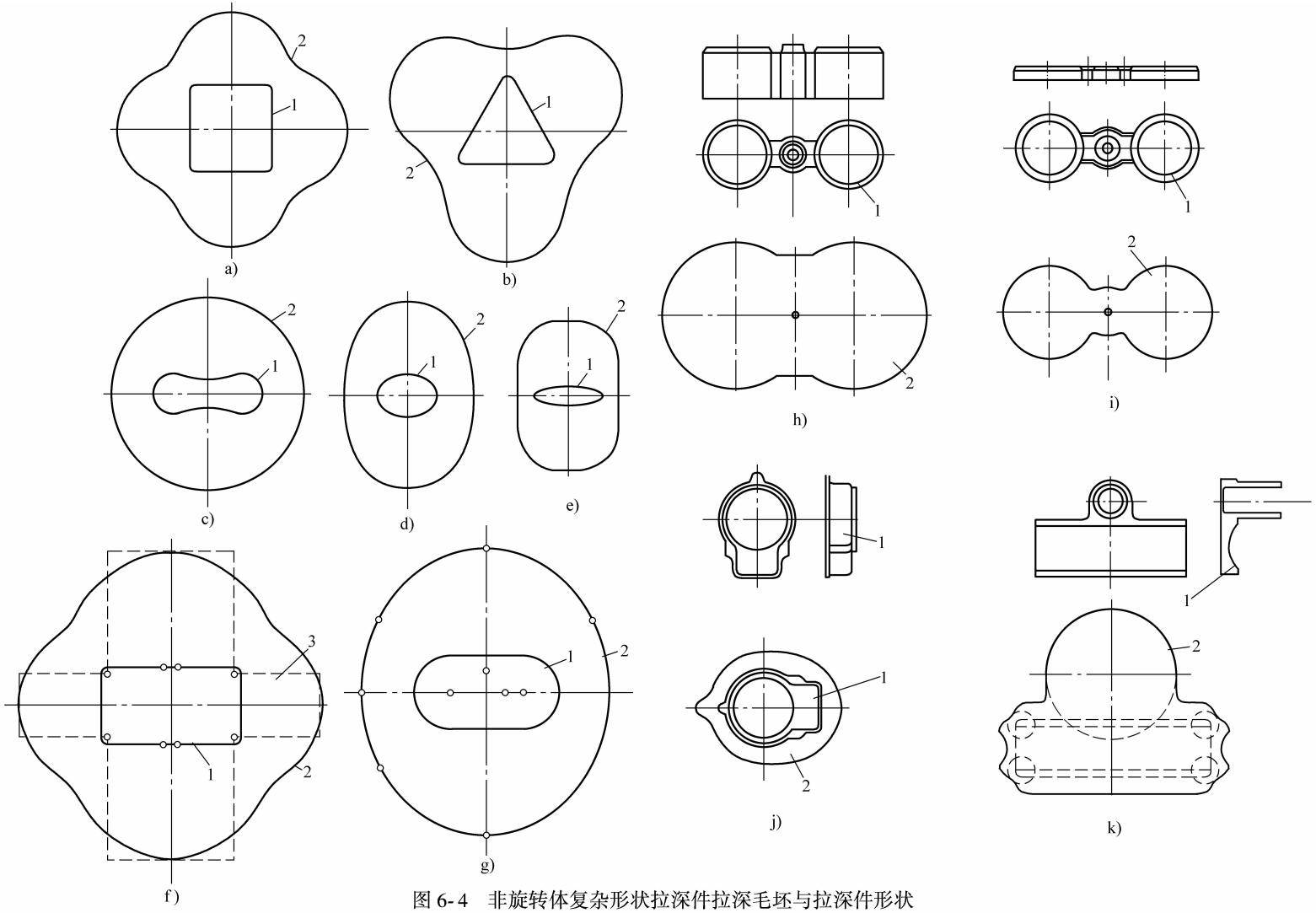


图 6-4　非旋转体复杂形状拉深件拉深毛坯与拉深件形状

1—拉深件　2—拉深毛坯形状　3—展开平毛坯

表 6-2 常用拉深件展开毛坯计算法

序号	计算原理与方法	计 算 参 数	拉深件展开毛坯尺寸直径 $D_{坯}$/mm	适 用 范 围	说 明
1	等面积法	拉深件分解后各部分面积（mm^2）：A_1、A_2、A_3、…、A_n，则拉深件总的表面积 A_Σ（mm^2）为 $A_\Sigma = \sum_{i=1}^{n} A_i = A_1 + A_2 + A_3 + \cdots + A_n$	$1.13\sqrt{\sum_{i=1}^{n} A_i}$	不变薄回转体拉深件、圆形压波件及压筋件	限使用圆形毛坯的拉深件、成形件；欲采用其他任意形状的毛坯，要确定毛坯料厚之后，按等面积原则转换
2	等体积法	拉深件分解后各部分体积：V_1、V_2、V_3、…、V_n，则拉深件总的体积 V_Σ（mm^3）为 $V_\Sigma = \sum_{i=1}^{n} V_i = V_1 + V_2 + V_3 + \cdots + V_n$	$1.13\sqrt{\frac{1}{t}\sum_{i=1}^{n} V_i}$ t—毛坯料厚（mm）	变薄与不变薄的任意形状的拉深件、成形件	限使用圆形毛坯的变薄与不变薄回转体拉深件与成形件。采用任意形状的毛坯需在确定料厚 t 情况下，按等面积换算后转换成任意形状毛坯
3	等质量法	拉深件分解后各部分质量（g）：m_1、m_2、m_3、…、m_n，则拉深件总质量 m_Σ（g）为 $m_\Sigma = \sum_{i=1}^{n} m_i = m_1 + m_2 + m_3 + \cdots + m_n$	$1.13\sqrt{\frac{1}{t\rho_0}\sum_{i=1}^{n} m_i}$ ρ_0—毛坯材料密度（g/cm^3）	任意形状、厚度不等的拉深件、成形件、体积冲压件	限使用圆形毛坯的任意形状，厚度不等的拉深件、成形件、体积冲压件等。欲采用其他任意形状的毛坯，需在确定毛坯料厚的情况下按等面积原则转换
4	等面积转换计算法	（1）按本表序 1～3 任选一种方法求出任意拉深件或成形件的 A_Σ、V_Σ 或 m_Σ （2）先代入序 1～3 相应公式求出 $D_{坯}$ （3）非圆形毛坯，可根据已定料厚，按等面积法换算	（1）方形毛坯边长 $L_{坯}$ 为 $L_{坯} = 0.886D_{坯}$ （2）矩形毛坯长×宽 $= L_{坯}\ B_{坯}$ $L_{坯} = \frac{0.785D_{坯}^2}{B_{坯}}$ $B_{坯} = \frac{0.785D_{坯}^2}{L_{坯}}$	任意形状平板毛坯的转换计算	（1）方形毛坯面积（mm^2） $A_{坯} = L_{坯}^2 = \frac{\pi D_{坯}^2}{4}$ （2）矩形毛坯面积（mm^2） $A_{坯} =$ 长×宽 $= L_{坯}\ B_{坯} = \frac{\pi D_{坯}^2}{4}$

表 6-3 无凸缘圆筒形拉深件的修边余量 $b_{修}$ （单位：mm）

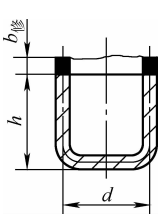
工件高度 h	工件的相对高度 h/d				附 图
	0.5～0.8	>0.8～1.6	>1.6～2.5	>2.5～4	
≤10	1.0	1.2	1.5	2	
>10～20	1.2	1.6	2	2.5	
>20～50	2	2.5	3.3	4	
>50～100	3	8.8	5	6	
>100～150	4	5	6.5	8	
>150～200	5	6.3	8	10	
>200～250	6	7.5	9	11	
>250	7	8.5	10	12	

表 6-4　有凸缘圆筒形拉深件的修边余量 $b_{修}$　　（单位：mm）

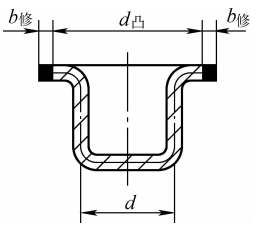
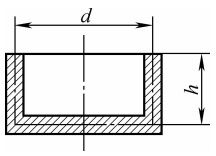
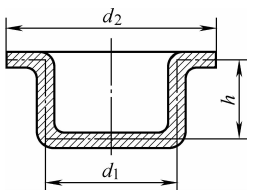
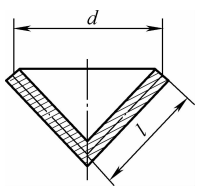
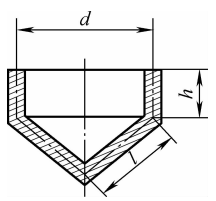
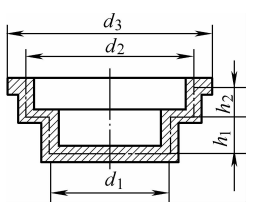
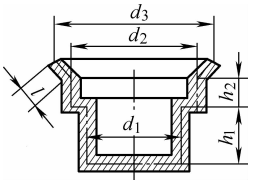
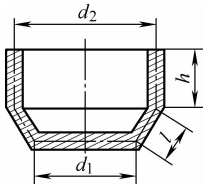
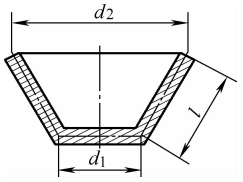
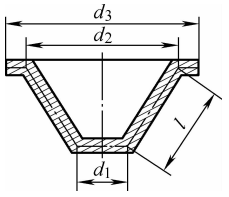
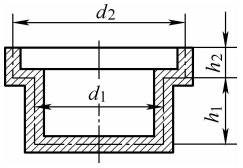
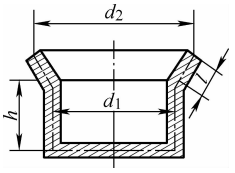
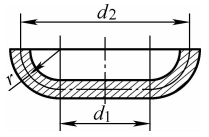
凸缘直径 $d_{凸}$	凸缘的相对直径 $d_{凸}/d$				附　图
	≤1.5	>1.5～2	>2～2.5	>2.5	
≤25	1.8	1.6	1.4	1.2	
>25～50	2.5	2.0	1.8	1.6	
>50～100	3.5	3.0	2.5	2.2	
>100～150	4.3	3.6	3.0	2.5	
>150～200	5.0	4.2	3.5	2.7	
>200～250	5.5	4.6	3.8	2.8	
>250	6	5	4	3	

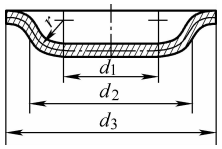
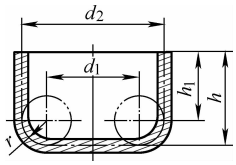
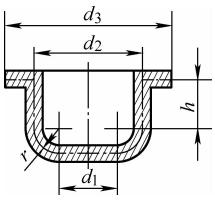
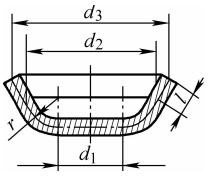
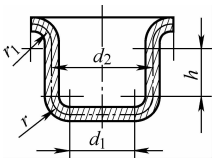
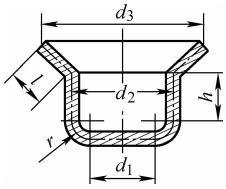
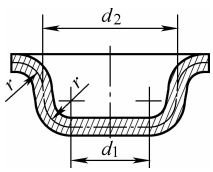
表 6-5　常用旋转体拉深零件毛坯直径的计算公式

序号	零 件 形 状	毛坯直径 $D_{坯}$
1		$\sqrt{d^2+4dh}$
2		$\sqrt{d_2^2+4d_1h}$
3		$\sqrt{2dl}$
4		$\sqrt{2d\ (l+2h)}$
5		$\sqrt{d_3^2+4\ (d_1h_1+d_2h_2)}$

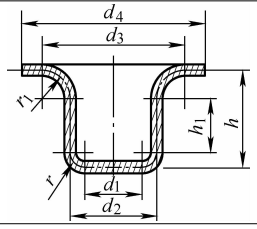
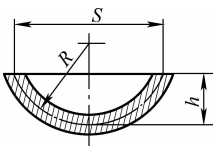
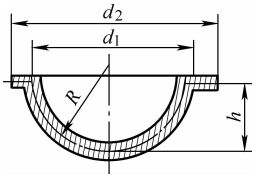
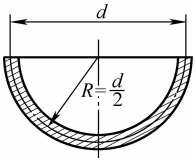
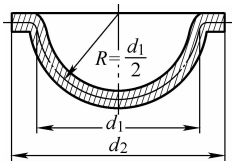
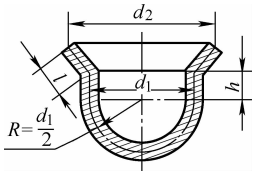
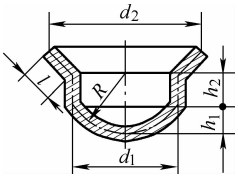
（续）

序号	零 件 形 状	毛坯直径 $D_{坯}$
6		$\sqrt{d_2^2+4\ (d_1h_1+d_2h_2)\ +2l\ (d_2+d_3)}$
7		$\sqrt{d_1^2+2l\ (d_1+d_2)\ +4d_2h}$
8		$\sqrt{d_1^2+2l\ (d_1+d_2)}$
9		$\sqrt{d_1^2+2l\ (d_1+d_2)\ +d_3^2-d_2^2}$
10		$\sqrt{d_2^2+4\ (d_1h_1+d_2h_2)}$
11		$\sqrt{d_1^2+4d_1h+2l\ (d_1+d_2)}$
12		$\sqrt{d_1^2+2r\ (\pi d_1+4r)}$

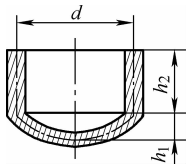
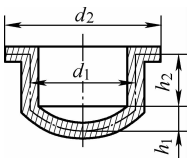
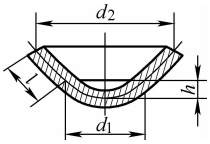
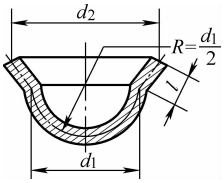
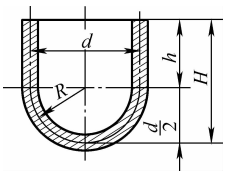
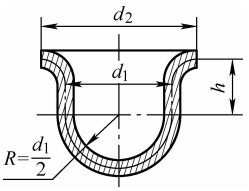
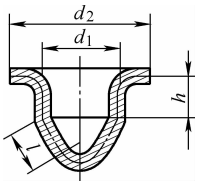
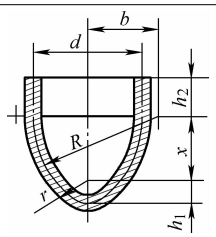
（续）

序号	零 件 形 状	毛坯直径 $D_{坯}$
13		$\sqrt{d_1^2+6.28rd_1+8r^2+d_3^2-d_2^2}$
14		$\sqrt{d_1^2+4d_2h_1+6.28rd_1+8r^2}$ 或 $\sqrt{d_2^2+4d_2h-1.72rd_2-0.56r^2}$
15		$\sqrt{d_1^2+2\pi rd_1+8r^2+4d_2h+d_3^2-d_2^2}$
16		$\sqrt{d_1^2+2\pi rd_1+8r^2+2l\ (d_2+d_3)}$
17		当 $r_1 \neq r$ 时 $\sqrt{d_1^2+6.28rd_1+8r^2+4d_2h+6.28r_1d_2+4.56r_1^2}$ 当 $r_1 = r$ 时 $\sqrt{d_1^2+4d_2h+2\pi r\ (d_1+d_2)\ +4\pi r^2}$
18		$\sqrt{d_1^2+2\pi rd_1+8r^2+4d_2h+2l\ (d_2+d_3)}$
19		$\sqrt{d_1^2+2\pi r\ (d_1+d_2)\ +4\pi r^2}$

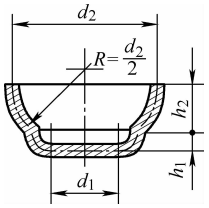
（续）

序号	零 件 形 状	毛坯直径 $D_{坯}$
20		当 $r_1 \neq r$ 时 $\sqrt{d_1^2 + 6.28rd_1 + 8r^2 + 4d_2h_1 + 6.28r_1d_2 + 4.56r_1^2 + d_4^2 - d_3^2}$ 当 $r_1 = r$ 时 $\sqrt{d_4^2 + 4d_2h - 3.44rd_2}$
21		$\sqrt{8Rh}$ 或 $\sqrt{S^2 + 4h^2}$
22		$\sqrt{d_2^2 + 4h^2}$
23		$\sqrt{2d^2} = 1.414d$
24		$\sqrt{d_1^2 + d_2^2}$
25		$1.414\ \sqrt{d_1^2 + 2d_1h + l\ (d_1 + d_2)}$
26		$\sqrt{d_1^2 + 4\left[h_1^2 + d_1h_2 + \frac{1}{2}\ (d_1 + d_2)\right]}$

（续）

序号	零 件 形 状	毛坯直径 $D_{坯}$
27		$\sqrt{d^2+4\ (h_1^2+dh_2)}$
28		$\sqrt{d_2^2+4\ (h_1^2+d_1h_2)}$
29		$\sqrt{d_1^2+4h^2+2l\ (d_1+d_2)}$
30		$1.414\ \sqrt{d_1^2+l\ (d_1+d_2)}$
31		$1.414\ \sqrt{d^2+2dh_1}$ 或 $2\ \sqrt{dh}$
32		$\sqrt{d_1^2+d_2^2+4d_1h}$
33		$\sqrt{d_2^2-d_1^2+4d_1\left(h+\frac{l}{2}\right)}$
34		$\sqrt{8R\left[x-b\left(\arcsin\frac{x}{R}\right)\right]+4dh_2+8rh}$

（续）

序号	零 件 形 状	毛坯直径 $D_{坯}$
35		$\sqrt{d_1^2+4d_1h_1+4d_2h_2}$

注：1. 尺寸按工件材料厚度中心层尺寸计算。

2. 对于厚度小于 1mm 的拉深件，可不按工件材料厚度中心层尺寸计算，而根据工件外壁尺寸计算。

3. 对于部分未考虑工件圆角半径的计算公式，在计算有圆角的工件时计算结果要偏大，故此情况下，可不考虑或少考虑修边余量。

3）常见的各种复杂形状的拉深件都可以分解成若干简单而规则的几何形体，进行其面积或体积、质量的计算，最后汇总求出拉深零件的总面积 A_Σ、总体积 V_Σ 或总质量 m_Σ，代入表 6-2 相应公式，便可求得毛坯尺寸。图 6-5 所示为对一般带凸缘圆筒形拉深件进行分解计算面积的示例。分解的各部分面积计算公式见表 6-6。

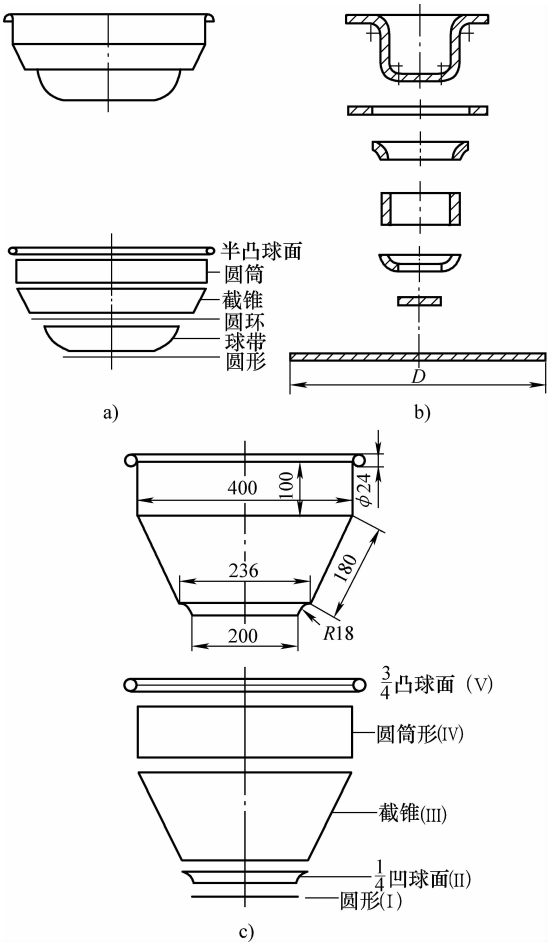
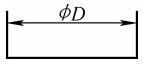
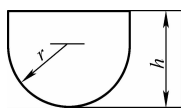
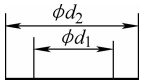
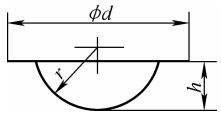
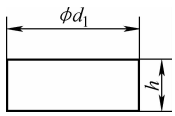
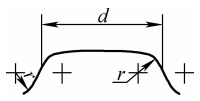
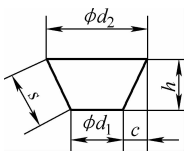
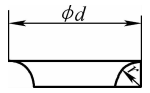
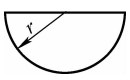
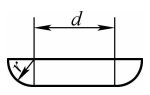
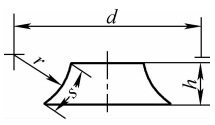
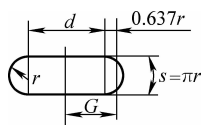
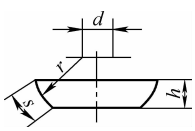
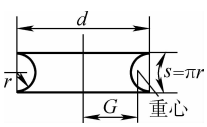
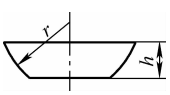
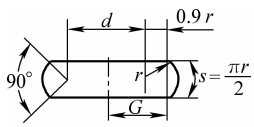
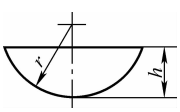
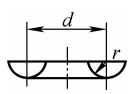
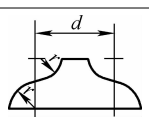
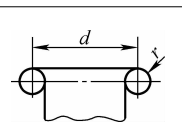


图 6-5　对拉深零件分解计算面积的示例

a）示例 1　b）示例 2　c）示例 3

表 6-6　简单几何形状的表面积 *A* 的计算公式

图　示	计算公式	图　示	计算公式
	$A=\frac{\pi D^2}{4}=0.7854D^2$		$A=2\pi rh=6.28rh$
	$A=\frac{\pi}{4}(d_2^2-d_1^2)$ $=0.7854(d_2^2-d_1^2)$		$A=\pi\left(\frac{d}{h}+h^2\right)$
	$A=\pi d_1 h$		$A=\pi^2 rd=9.87rd$
	$A=\pi s\left(\frac{d_1+d_2}{2}\right)$ $S=\sqrt{h^2+c^2}$		$A=\frac{\pi^2 rd}{2}-2\pi r^2$ $=4.94rd-6.28r^2$
	$A=2\pi r^2=6.28r^2$		$A=\frac{\pi^2 rd}{2}+2\pi r^2$ $=4.94rd+6.28r^2$
	$A=\pi(ds-2hr)$		$A=2\pi Gs=2\pi^2 Gr$ $=19.74Gr$
	$A=\pi(ds+2hr)$		$A=2\pi Gs=2\pi^2 Gr$ $=19.74Gr$
	$A=2\pi rh=6.28rh$		$A=2\pi Gs=\pi^2 Gr$ $=9.87Gr$
	$A=2\pi rh=6.28rh$		$A=\pi^2 rd=9.87rd$
	$A=\pi^2 rd=9.87rd$		$A=17.7rd$

6.2.3　任意旋转体拉深件表面积和毛坯直径的确定

任意旋转体拉深件及很复杂形状的旋转体拉深件，都是由一些简单而规则的几何形体构成的，可以采用图 6-5 分解法，并使用表 6-2、表 6-5、表 6-6 中公式计算出各个分解单元毛

坯直径，再依“整体拉深件总的毛坯直径等于分解的各个单元简单规则几何形体毛坯直径平方的总和开平方”进行计算，即

$$D_{坯}=\sqrt{\sum_{i=1}^{n}D_i^2}$$

6.3　拉深模的结构类型

通常所说的拉深及拉深模，一般均指不变薄拉深及其模具。普通不变薄拉深实际上在拉深过程中料厚是有变化的。这种料厚的变化属于拉深工艺过程的变形特点，不是刻意设定要求的，而且其平均料厚与毛坯原始料厚十分接近，故通常仍认为是不变薄拉深，或称拉深。而要求料厚减薄的拉深，则明确称为变薄拉深。变薄拉深一般仅用于小尺寸薄壁圆筒形零件，使用范围有限，主要用于一些塑性很好的金属及其合金，如铜及铜合金、铝及铝合金、低碳钢等。变薄拉深不用压料，也不会起皱，模具结构基本上是一个模式，只是拉深工件直径大小不同使用变薄拉深模有所区别。

6.3.1　拉深模的分类

普通拉深模的结构类型繁多。这是因为拉深零件的形状越来越复杂，而大多不能一次拉深成形。不同形状的拉深件，特别是较大尺寸的拉深件，往往要采用不同结构的拉深模。从冲模结构设计的角度，可以将拉深模进行以下分类。

1. 按冲压工艺组合方式分类

（1）单工序拉深模　其包括首次拉深模、首次以后各次拉深模。

（2）多工位连续拉深模　其包括整带料连续拉深模、有工艺切口的连续拉深模、含有各种成形工步的拉深件连续式复合模。

（3）单工位多工步拉深复合模　其包括落料拉深综合式复合模，简称拉深复合模；落料、拉深并冲孔、切边的多工步冲裁拉深综合式复合模，简称拉深切边复合模；落料、拉深并成形的多工步拉深成形综合式复合模，简称拉深成形复合模。

2. 按拉深零件的形状及复杂程度分类

（1）旋转体拉深件拉深模

1）圆筒形拉深件拉深模，可分为平口无凸缘的圆筒形拉深件拉深模、有凸缘的圆筒形拉深件拉深模。每种拉深模又分为平底的与带凸凹形底的两类拉深件拉深模。

2）台阶形旋转体拉深件拉深模，可分为平口无凸缘的台阶形旋转拉深件拉深模、有凸缘的台阶形旋转体拉深件拉深模。每种拉深模又分为平底的与带凸凹形底的两类拉深件拉深模。

3）曲线形旋转体拉深件拉深模，较常见的为半球形、球缺形、圆弧形、抛物线形等拉深件的拉深模。可分为平口无凸缘的曲线形拉深件拉深模、有凸缘的曲线形拉深件拉深模。每种拉深模又分为平底的与带凸凹形底的两类拉深件拉深模。

4）截锥形旋转体拉深件拉深模，可分为平口无凸缘的截锥形旋转体拉深件拉深模、带凸缘的截锥形旋转体拉深件拉深模。每种拉深模又分为平底的与带凸凹形底的两类拉深件拉深模。

5）侧壁为凸凹曲线构成的复杂形状旋转体拉深件拉深模，可分为平口无凸缘的、侧壁

为凸凹曲线构成的复杂形状旋转体拉深件拉深模，有凸缘的、侧壁为凸凹曲线构成的复杂形状旋转体拉深件拉深模。每种拉深模又分为平底与有凸凹形底的两类拉深件拉深模。

（2）盒子形拉深件拉深模

1）平面为方形、矩形盒子拉深件拉深模，可分为平口无凸缘的方形、矩形盒子拉深件拉深模，有凸缘的方形、矩形盒子拉深件拉深模。每种拉深模又分为平底与非平底两类拉深件拉深模。

2）平面为椭圆形及长腰形盒子拉深件拉深模，可分为平口无凸缘椭圆形类盒子拉深件拉深模、有凸缘椭圆形及类似盒子拉深件拉深模。每种拉深模又分为平底与非平底两类拉深件拉深模。

3）平面为多边形、等长多圆弧边梅花形、三角形、任意多边形盒子等拉深件的拉深模，可分为平口无凸缘的多边形、梅花形等盒子拉深件拉深模，有凸缘的多边形、梅花形盒子拉深件拉深模。每种拉深模又分为平底与非平底两类拉深件拉深模。

4）平面为曲线形盒子的拉深件拉深模，如各种工业品罩壳、装饰与礼品盒、炉外壳等拉深件用拉深模，可分为平口无凸缘的曲线形盒子拉深件拉深模、有凸缘的曲线形盒子拉深件拉深模。每种拉深模又分为平底与非平底两类拉深件拉深模。

5）平面为对称与不对称的任意复杂形状的盒子形拉深件拉深模，如各种花式灯罩、反光罩以及美容、化妆品用盒子等拉深件用拉深模，可分为平口无凸缘的复杂形状盒子拉深件拉深模、有凸缘的复杂形状盒子拉深件拉深模。每种拉深模又分为平底与非平底两类拉深件拉深模。

（3）大型复杂形状拉深件的大型、特大型拉深模　这一类拉深件主要是各种汽车的覆盖件、结构件，已形成专门的、大型板料拉深件技术门类，其工艺技术、模具及其他工艺装备已不同于上述一般用普通全钢冲模冲制的、普通中小型板料拉深件。汽车用各类拉深件的拉深模可粗略划分为如下几种：

1）对称于一个平面的拉深件用拉深模，如发动机罩、行李箱罩、前围板、后围板、载货汽车驾驶员室等覆盖件，以及水箱罩、散热器罩等拉深件用拉深模。

2）不对称的拉深件用拉深模，如车门内外板、翼子板、侧围板等覆盖件用拉深件模。

3）带凸缘的拉深件用拉深模，如车门拉深件用拉深模等。

3. 按拉深模的结构分类

中小型拉深件用普通全钢拉深模，按最常用的结构形式也可归纳划分为如下几类：

（1）无导向敞开式单工序拉深模　用落料模获取的展开平毛坯，或首次及后续拉深后得到的半成品，进行首次及后续各次拉深的拉深模。这类拉深模无模架，有压边圈的，也有无压边圈的；有正向拉深，模下漏件出模，也有反拉深，模上推卸件或吹卸件出模的。

（2）有导向拉深模　有导向装置的拉深模多数采用滑动导向的导柱模架。在采用导柱模架的拉深模中，大多为复合模、连续模，一般有以下几种结构类型：

1）导柱模架单工位多工步综合式拉深复合模，可分为导柱模架落料、拉深复合模，导柱模架落料、拉深、冲孔复合模，导柱模架落料、拉深、冲孔、翻边复合模，导柱模架落料、拉深、切边复合模。

2）导柱模架多工位连续式(拉深)复合模,可分为导柱模架整带料连续式拉深复合模、导柱模架有工艺切口连续式拉深复合模、导柱模架多工位连续式拉深与成形连续式复合模。

3）导柱模架高精度、变薄拉深单工序拉深模与多工位连续式复合模，可分为导柱模架

变薄拉深的高精度、单工序拉深模，导柱模架薄料高精度、单工序拉深模，导柱模架薄料、超薄料拉深件与拉深成形件的多工位连续复合模。

6.3.2　不变薄拉深模典型结构形式

通常所说的拉深模就是不变薄拉深普通全钢拉深模，其结构形式很多。下面从结构设计的角度，兼顾拉深工步的组合方式，以常用典型结构为主线进行介绍。

1. 无导向敞开式单工序拉深模

（1）不用压边圈拉深的单工序拉深模

1）首次拉深及一次拉深成形的无导向敞开式拉深模见图 6-6。

2）首次后各次拉深的无导向敞开式拉深模见图 6-7、图 6-8。

（2）用压边圈拉深的单工序拉深模

1）用压边圈首次拉深及一次拉深成形的无导向敞开式拉深模见图 6-9、图 6-10。

2）用压边圈首次后各次拉深的无导向、敞开式拉深模见图 6-11。

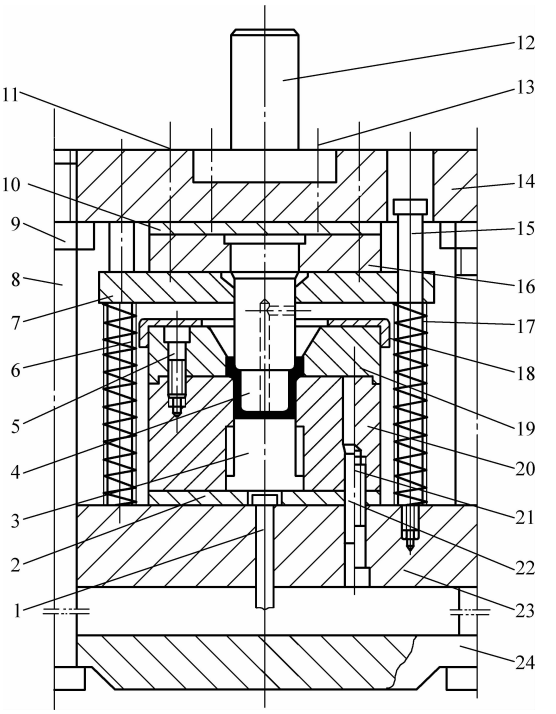


图 6-6　首次拉深及一次拉深成形的无导向敞开式拉深模

1—推杆　2、10—垫板　3—顶件块　4—凸模　5、21—内六角螺钉　6—定位板　7—卸料板　8—拉杆　9—六角螺母　11、13—内六角螺钉（圆柱销）　12—模柄　14—上模座　15—卸料螺钉　16—固定板　17—弹簧　18—螺钉　19、20—凹模　22—圆柱销　23—下模座　24—顶块

（3）无导向敞开式拉深模的结构设计要点　这类拉深模的结构及运作特点可以概括如下：

1）无模架，无导向装置，上模对准下模的导向靠使用压力机滑块导轨对其滑块的导向。对于一般中小型拉深件常用的公称压力 $F_{公称} \leqslant 2500\text{kN}$ 的开式压力机、$F_{公称} \leqslant 3150\text{kN}$ 的闭式双动拉深压力机，以及相当吨位的闭式单点压力机来说，其滑块导轨对滑块的导向精度，反映在拉深模上模对其下模的最大偏差，虽然与压力机吨位大小、机架结构形式及其承载后的弹性变形大小，以及运行的整体综合动态精度等多种因素有关，但实测的综合误差大多在 0.1～0.24mm 之间。拉深模凸模与凹模之间的单边拉深间隙为 C，多数情况下取 $C >$（1～1.25）t，只有在多工步拉深的最后一道拉深工序中取 $C = t$。拉深件料厚 t 大多数为 0.2～3mm。$t < 0.2\text{mm}$ 多为小尺寸、用多工位连续拉深成形的小型拉深件，使用压力机吨位小，模具有模架导向；$t > 3\text{mm}$ 的拉深件较少见，其模具对上下模导向要求不高。通过上述分析可以看出，上述几种结构形式的无导向敞开式拉深模，能够广泛地用于料厚 $t > 0.5\text{mm}$ 的拉深件首次及首次后各次拉深。

2）上述几种结构形式的拉深模都是单工序冲模，所用坯件除由专用落料模提供的平板坯外，也可以是拉深半成品。

3）料厚 $t < 0.5\text{mm}$ 的工件以及分序多模拉深的最后一道拉工序，用无导向敞开式拉深模有一定技术风险，会因模具无导向影响工件质量。

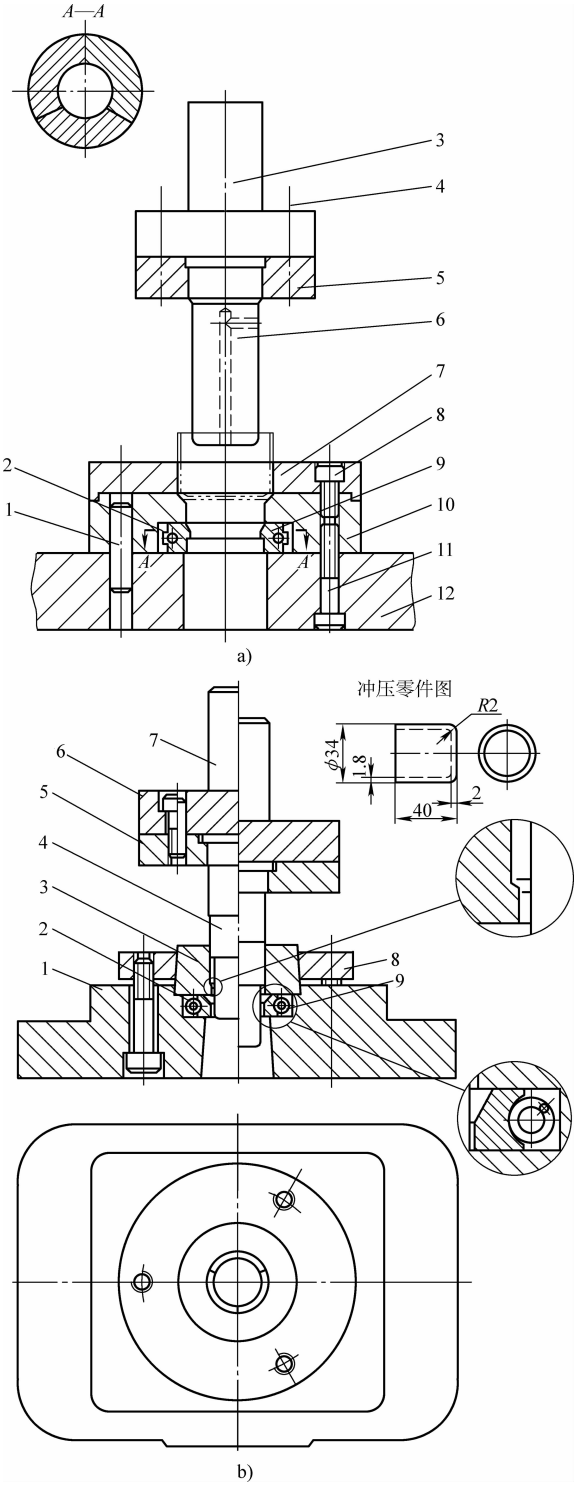


图 6-7　首次后各次拉深的无导向敞开式拉深模 I

a）无导向敞开式不压边首次后各次拉深模

1—圆柱销　2—弹簧　3—上模座（带模柄）　4—内六角螺钉（圆柱销）　5—固定板　6—凸模　7—定位板　8、11—内六角螺钉　9—卸料环　10—凹模　12—下模座

b）变薄拉深模

1—下模座　2—卸件器　3—凹模　4—凸模　5—固定板　6—上模座　7—模柄　8—压板　9—拉簧

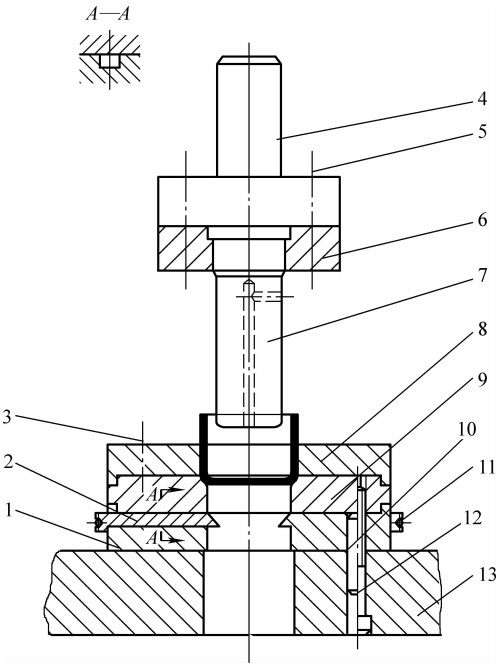


图 6-8　首次后各次拉深的无导向敞开式拉深模Ⅱ

1—垫块　2—卸件器　3、12—内六角螺钉　4—上模座（带模柄）
5—内六角螺钉（圆柱销）　6—固定板　7—凸模
8—定位板　9—凹模　10—圆柱销　11—弹簧
13—下模座

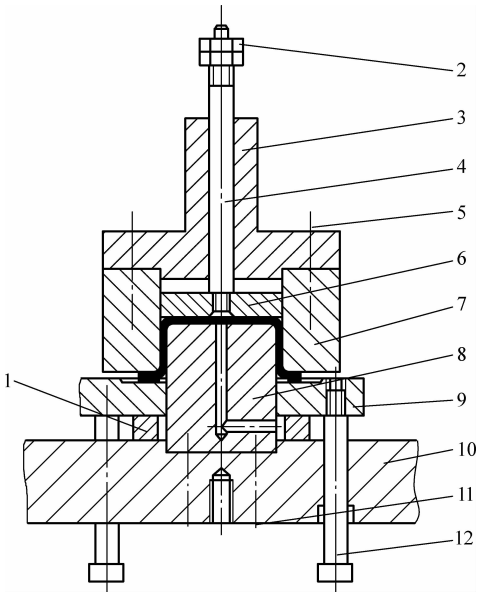


图 6-9　用压边圈首次拉深及一次拉深成形的无导向敞开式拉深模Ⅰ

1—空心垫板　2—六角螺母　3—上模座（带模柄）
4—打料杆　5、11—内六角螺钉　6—推板　7—凹模
8—凸模　9—压边圈兼定位板　10—下模座　12—卸料螺钉

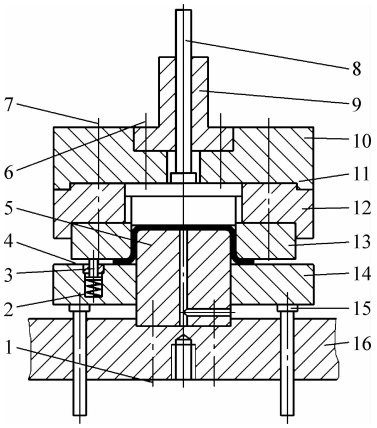


图 6-10　用压边圈首次拉深及一次拉深成形的无导向敞开式拉深模Ⅱ

1、7—内六角螺钉　2—弹簧　3—可伸缩式挡料（定位）销
4—螺塞　5—凸模　6—内六角螺钉（圆柱销）　8—打料杆
9—模柄　10—上模座　11—卸件器　12—空心垫环
13—凹模　14—压边圈　15—顶杆　16—下模座

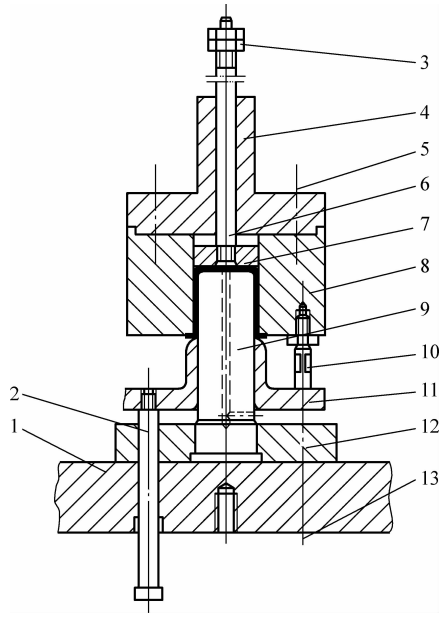


图 6-11　用压边圈首次后各次拉深的无导向、敞开式拉深模

1—下模座　2—顶杆　3—六角螺母　4—上模座(带模柄)
5—内六角螺钉　6—打料杆　7—推板　8—凹模
9—凸模　10—顶杆　11—卸料（压边圈）板
12—固定板　13—内六角螺钉（圆柱销）

4）这类拉深模的操作安全性欠佳。这是因为这类拉深模送料入模及出件多数全靠手工作业。从安全方面考虑，应坚持使用手持工具操作，如真空或电磁吸盘、各种适形钳口的夹钳、料钩等。

设计这类拉深模要点如下：

1）先设计与制造拉深模，待其试模与验证合格后，再根据试模结果，获得精准展开毛坯尺寸，再设计和制造与其匹配的毛坯落料模、切边模。

2）如果是多次拉深成形，应先制造最后拉深成形的拉深模。用试验方法确定精准的中间拉深工序的毛坯尺寸和展开平毛坯尺寸。在所有拉深工序中，第一次拉入拉深凹模中的材料量应等于拉深零件最后成形所需的材料量，服从“体积不变定律”。材料多了要起皱，材料少了要破裂。设计拉深工艺及拉深模时，必须严格遵守这个原则。

3）拉深模的间隙要依拉深工序选取，除最后拉深成形外，应取大于料厚的拉深间隙，但应以 $C \leqslant 1.25t$ 为宜。过大的间隙会出现过大的几何偏差，不利于最终成形，也难以提高拉深件尺寸精度。

4）拉深凸模与凹模的圆角半径是拉深工作顺利实施的重要参数。除最后拉深成形的拉深模的凸模圆角半径必须依拉深零件要求确定外，其余各次拉深模的凸模与凹模圆角半径宜大不宜小。当然，要考虑各工序的合理过渡与匹配，以利于拉深过程中材料的顺畅流动。

5）模腔，包括拉深凸模表面设计，要求其表面粗糙度 $Ra \leqslant 0.4\mu m$。

6）使用的压力机应满足拉深功的需要，确保模具开启后，拉深件能顺利从模上取出。

7）变薄拉深模也常采用无导向敞开式结构。图6-7b所示为一套典型实用结构形式，该模具用于无凸缘变薄拉深件，效果不错。其卸件器由三块拼成，用拉簧箍紧，很有推广价值。

2. 有导向单工序拉深模

（1）有导向不用压边圈拉深的单工序拉深模

1）首次拉深或一次拉深成形的有导向单工序拉深模。这类拉深模的模芯部分与图6-6～图6-8基本相同，但都用滑动导向导柱模架，多用于薄料（$t < 0.5mm$）、小尺寸、复杂形状的拉深零件。

2）首次后各次拉深的有导向单工序拉深模见图6-12。

（2）有导向用压边圈拉深的单工序拉深模

1）首次拉深或一次拉深成形的有导向用压边圈的单工序拉深模见图6-13、图6-14。

2）首次后各次拉深的有导向用压边圈的单工序拉深模见图6-15、图6-16。

（3）用导向板导向的大型拉深件的拉深模

1）用拉深筋的大型拉深件拉深模见图6-17。

2）不用拉深筋的大型拉深件拉深模见图6-18。

（4）有导向单工序拉深模的结构特点　对于中小型拉深件，有导向装置的单工序拉深模大多采用滑动导向导柱模架；当拉深模外形尺寸超过1000mm×630mm时，使用闭式压力机拉深的大型拉深模，多采用凸模与凹模侧壁安装导向板导向。

这类拉深模在结构上的主要特点如下：

1）有良好而可靠的导向系统，可以消除压力机滑块导向偏差对拉深模运作的不良影响，确保拉深模凸模对准凹模，并保持均匀的拉深间隙。

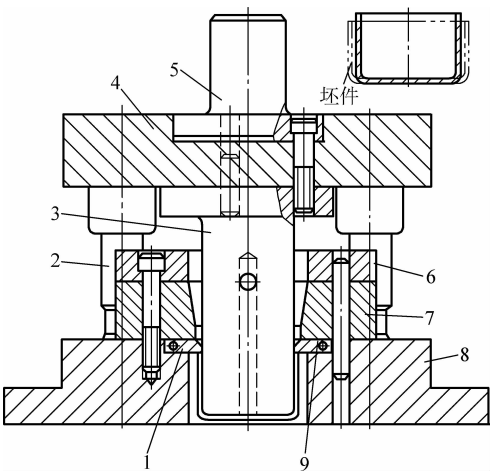


图 6-12　首次后各次拉深有导向单工序拉深模

1—卸件器　2—导柱　3—凸模　4—上模座

5—模柄　6—定位板　7—凹模　8—下模座　9—弹簧

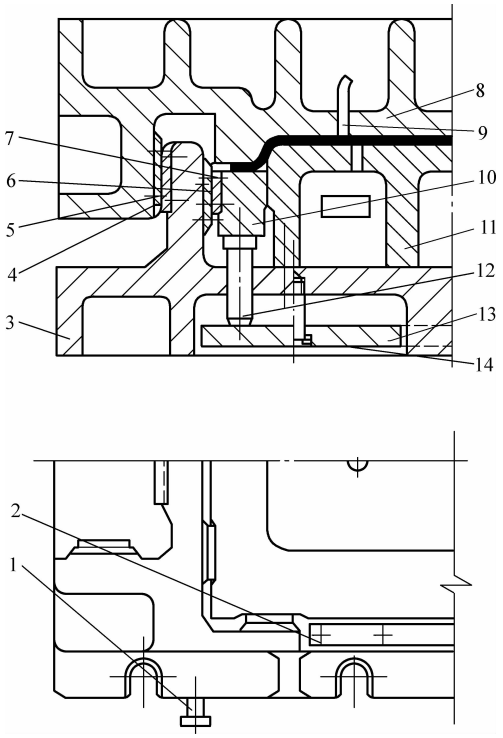


图 6-13　首次拉深或一次拉深成形的有导向用压边圈的单工序拉深模 Ⅰ

1—起吊杆　2—限位板　3—下模座　4—上模导向板

5、6—导板　7—模圈（压边圈）导板　8—上模　9—出气管

10—压边圈　11—下模　12—推杆　13—顶板　14—螺钉

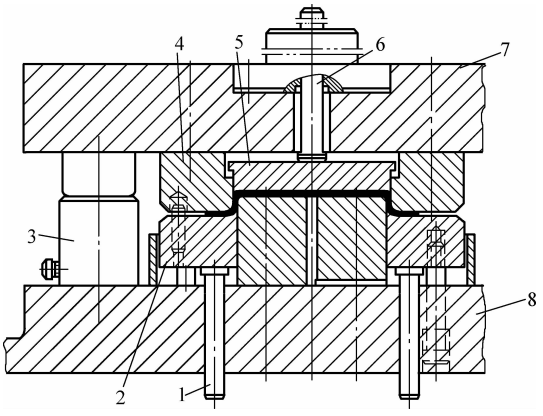


图 6-14　首次拉深或一次拉深成形的有导向用压边圈的单工序拉深模 Ⅱ

1—顶杆　2—压边圈　3—限位套　4—凹模　5—卸件器

6—打料棒　7—上模座　8—下模座

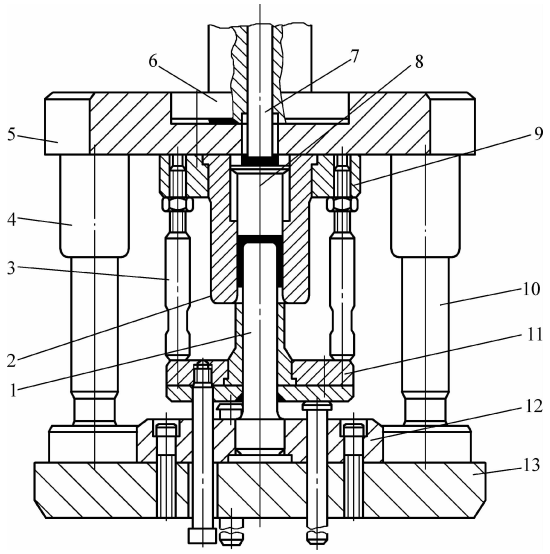


图 6-15　首次后各次拉深的有导向用压边圈的单工序拉深模 Ⅰ

1—凸模　2—凹模　3—限位顶杆　4—导套　5—上模座

6—模柄　7—打料棒　8—卸件器　9—固定板　10—导柱

11—固定板　12—凸模固定板　13—下模座

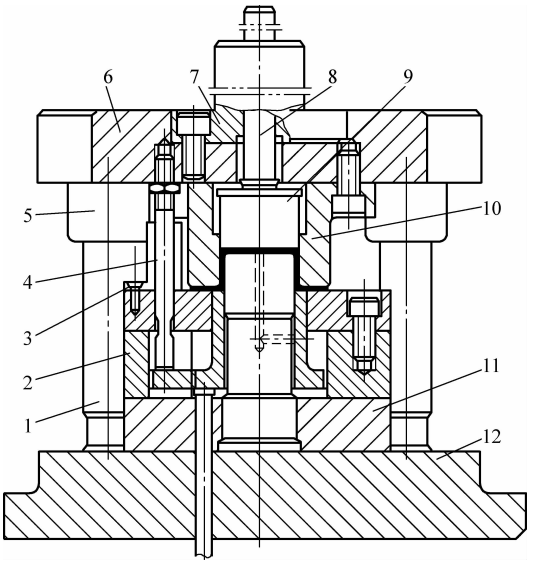
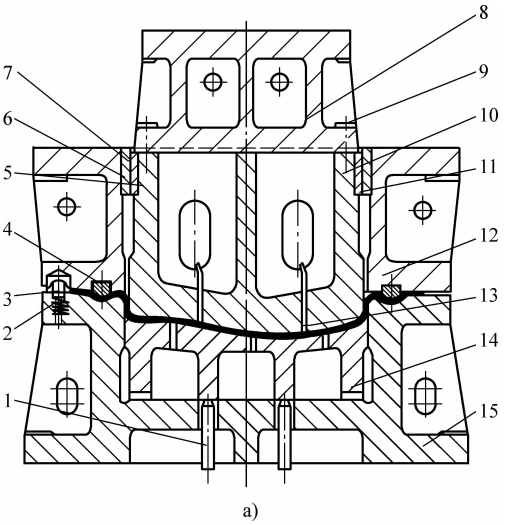


图 6-16　首次后各次拉深的有导向用压边圈的单工序拉深模Ⅱ

1—导柱　2—空心垫板　3—定距套　4—顶杆　5—导套　6—上模座　7—模柄
8—打料棒　9—卸件器　10—凹模　11—凸模固定板　12—下模座



a)

图 6-17　用拉深筋的大型拉深件拉深模

a）典型结构形式

1—顶杆　2—弹簧　3—挡料销　4—拉深筋　5、7—导板螺钉　6、11—导板
8—凸模固定座　9—螺钉　10—凸模　12—压边圈　13—出气管
14—凹模　15—下模座

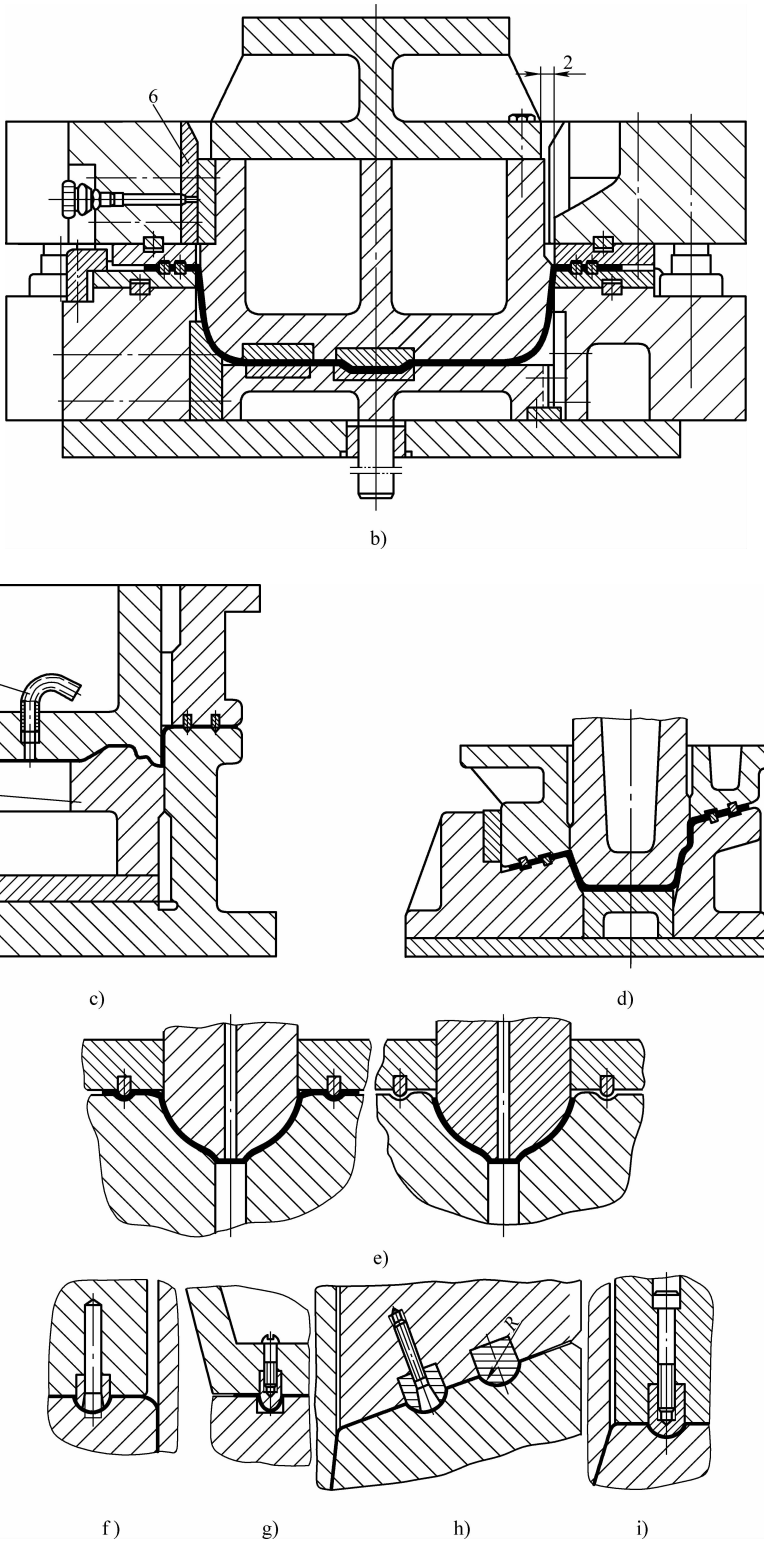


图 6-17　用拉深筋的大型拉深件拉深模（续）

b）典型结构形式　c）、d）拉深筋安装位置　e）拉深筋的效果（拉深无压到，拉深件口部起皱，尺寸缩小）

f）～i）拉深筋的类型及安装结构（筋的尺寸按需要选取标准）

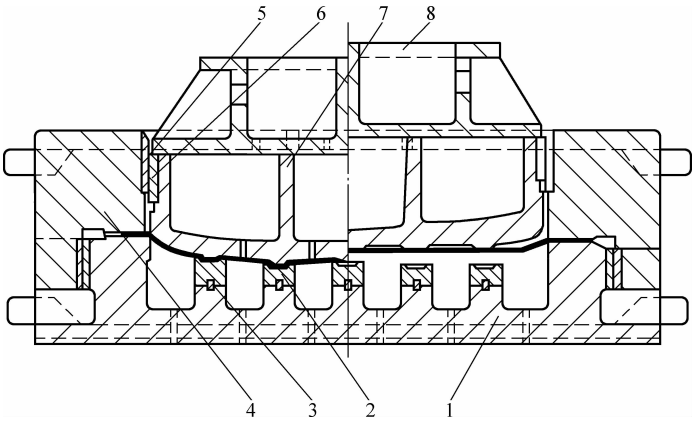


图 6-18　不用拉深筋的大型拉深件拉深模

1—凹模座　2—凹模镶块　3—键　4—压边圈

5、6—导板　7—凸模　8—凸模固定板

2）有导向拉深模的制造精度均高于无导向拉深模。

3）多数采用有压边圈或带拉深筋的拉深模，尤其是用于深拉深零件的拉深模。

图 6-13 所示是用于料厚 $t \geqslant 3$mm 的中厚板、厚板大型浅拉深零件的大型拉深模结构形式。这是一种典型的闭口式结构，采用上、下模侧壁安装导向板直接导向，是一般容器、壳体及中小型高压容器外壳等中厚板、厚板成形冲压常用的拉深模结构。

用压边圈的首次后各次拉深模，采用滑动导向导柱模架结构形式较为普遍，图 6-14 ~ 图 6-16 所示是其常用的几种典型结构形式。

用导向板导向的大型拉深件拉深模有图 6-17、图 6-18 所示的几种结构形式。对于非规则的形状复杂且拉深深度较大的大型拉深件直壁较长，拉深后需要顶件出模的零件，多采用拉深筋固定压边的结构形式，见图 6-17a、b；而对于无直壁、形状圆滑的大型覆盖件的拉深，多采用图 6-18 所示的无拉深筋闭式双动拉深模结构。

4）相同拉深零件的有导向单工序拉深模，与无导向单工序拉深模相比，其模芯部分结构是相同的，其结构设计要点也无差别。但有导向，特别是选用标准模架的拉深模，要注意按出件方式、拉深件高度，适当加长导柱与导套长度，并加上定距套，见图 6-14、图6-16。

3. 有导向单工位拉深复合模

中小型板料拉深件，尤其是采用多序分模冲制的多次拉深零件的首次拉深，大多与展开平毛坯落料合为一道工序，用落料拉深复合模一次完成，以后各次拉深则分模实施；有些可以一次拉深成形的浅拉深零件，还有含有冲孔、翻边等其他冲裁与成形作业的拉深零件，也都可用多工步单工位综合式复合模，在一次冲压行程中复合冲压完成。

落料拉深复合模也有采用无导向敞开式冲模结构的，但较少见，而且多限于形状简单的圆筒形拉深零件。由于其操作危险性大，该结构形式尽量少用或不用；固定卸料导板式结构落料拉深复合模，操作十分安全，但因模具许用拉深空间有限，只适于小型浅拉深零件冲制。因此，有导向的落料拉深复合模与要多工步冲压成形并拉深的单工位复合模，多数采用标准的滑动导向导柱模架。

（1）单工位落料拉深复合模

1）不带凸缘的圆筒形拉深件落料拉深复合模。图 6-19 所示为滑动导向导柱模架落料拉

深复合模。这种单工位落料拉深复合模的结构形式已趋于标准化，已普遍用于$t=1.0\sim3.0$mm 的中小型圆筒形拉深件。需要时，可根据料厚及拉深零件的大小，将固定卸料板改成弹压卸料板，或将固定卸料板改成卸料爪、卸料块，以利于模上出件顺畅。

2）带凸缘的圆筒形拉深件落料拉深复合模。图 6-20 所示为小型薄料圆筒形拉深件用的落料拉深复合模。该复合模采用弹压卸料板滑动导向导柱模架结构，适于冲制仪表壳、盖、医用器皿等拉深零件。

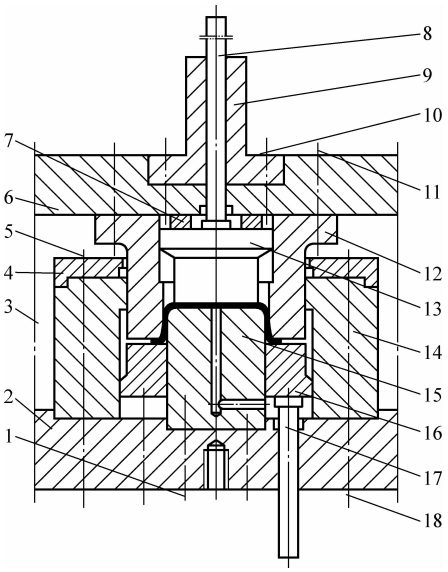


图 6-19　滑动导向导柱模架落料拉深复合模
1、5、10、11、18—内六角螺钉　2—下模座
3—导柱、导套　4—固定卸料板　6—上模座
7—调整用空心垫板　8—打料棒（推杆）　9—模柄
12—凸凹模　13—卸件器　14—凹模　15—凸模
16—压边圈　17—顶杆

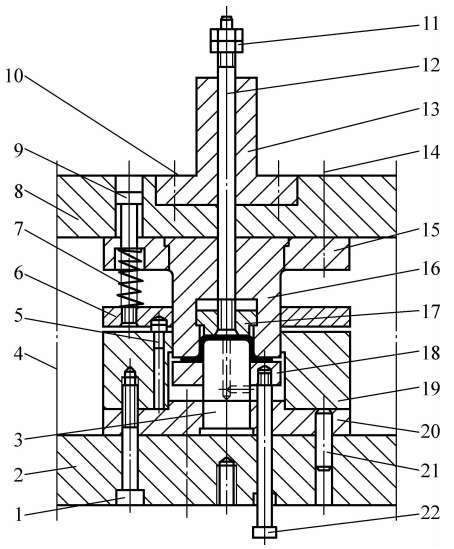


图 6-20　小型薄料圆筒形拉深件用的落料拉深复合模
1、10、14—内六角螺钉　2—下模座　3—凸模
4—导柱导套　5—挡料销　6—卸料板　7—弹簧
8—上模座　9—卸料螺钉　11—六角螺母　12—推杆
13—模柄　15—固定板　16—凸凹模　17—卸件器
18—压边圈　19—落料凹模　20—固定板　21—圆柱销
22—顶杆

3）带或不带凸缘的半球形拉深零件落料拉深复合模。图 6-21 所示为半球形拉深零件落料拉深复合模。半球形拉深零件一次拉深成形过程中，必须进行强力而有效的压边，否则，拉深零件口部要起皱。为提高压边力，将落料凸模端面制出 20°锥面，落料前即可对材料沿拉深凸模压紧，相当于采用一个锥面压边圈，可有效防止拉深起皱。也可采用无搭边落料，不用卸料板，拉深后切边获得凸缘外形及准确尺寸。

4）矩形拉深零件落料拉深复合模。图 6-22 所示为矩形盒子拉深零件落料拉深复合模。不带凸缘的中小型矩形拉深件，特别是拉深深度不大的小型矩形拉深零件，一次落料拉深成形，采用图 6-22 所示结构形式较为合适。

（2）单工位多工步拉深成形复合模

1）圆筒形或方形拉深零件落料、拉深、冲孔复合模（见图 6-23）。在现场经常遇到一些圆形、方形可一次拉深成形，但其底部有孔、有槽口的拉深零件，一般采用图 6-23 所示结构形式的复合模冲制，这是一种已趋于普遍使用的通用结构。

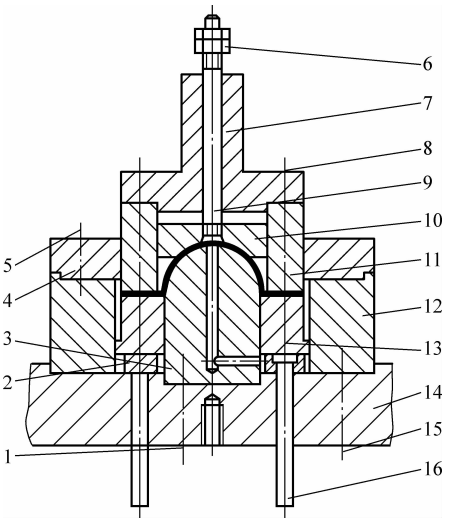


图 6-21　半球形拉深零件落料拉深复合模

1、5、6、8、15—内六角螺钉　2—空心垫板　3—凸模
4—落料凹模　7—上模座　9—打料棒　10—推板
11—凸凹模　12—凹模接座　13—压边圈
14—下模座　16—顶杆

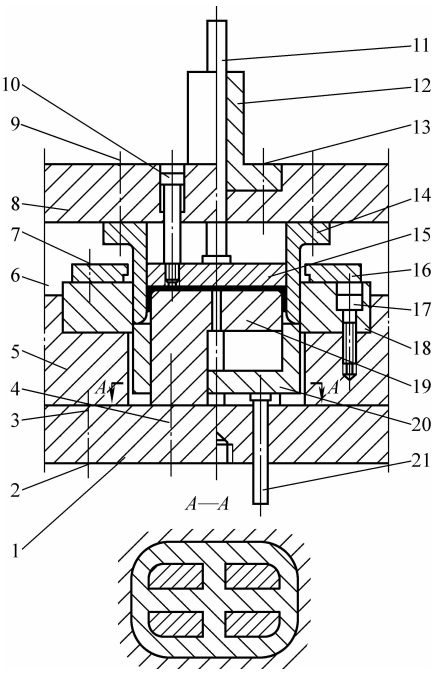


图 6-22　矩形盒子拉深零件落料拉深复合模

1—下模座　2、3、4、9、13—内六角螺钉（圆柱销）
5—凹模座　6—导柱、导套　7、17—内六角螺钉
8—上模座　10—卸料螺钉　11—推杆　12—模柄
14—凸凹模　15—卸件器　16—卸料板　18—凹模
19—凸模　20—压边圈　21—顶杆

2）小型薄料浅拉深圆筒形零件的落料、拉深、冲孔复合模（见图 6-24）。对于小型、薄料拉深零件，一般采用弹压卸料板，落料前先将易变形的薄弱原材料压平在落料凹模表面，防止出现不均匀变形与起皱。与图 6-23 结构形式类似，除改用弹压卸料板外，模架导向精度应高一级。

3）非平底圆筒形拉深零件落料、拉深、压形复合模（见图 6-25）。底部具有的凸凹不平的台、坑等的冲制，甚至翻边、沉孔、压印、切开等冲压作业，均可在拉深后实施，图 6-25所示是底部压形的零件，在同一工位上落料、拉深后进行压形。

4）圆筒形拉深件、拉深、切边、冲孔复合模（见图 6-26）。对于拉深高度不大的碟、盘、盖之类的圆形需切边的拉深件，采用图 6-26 所示倒装式复合模结构，使用效果不错。

4. 中小型拉深、拉深并成形零件的多工位连续式复合模

连续拉深成形零件和含拉深工步的成形零件，所用的多工位连续模结构类型很多。这里介绍的典型结构是冲制中小型拉深零件为主的多工位连续模，尤以小型拉深零件、小尺寸拉深兼成形零件的多工位连续式复合模为主。

（1）多工位连续拉深与成形连续式复合模（见图 6-27）　该冲模是整带料连续拉深和成形的九工位连续式复合模。

该冲模冲制的是一个带凸缘的台阶式圆筒形拉深件，其底部为圆口截锥形凹坑，其中心为 ϕ1.5mm 翻边孔，翻边凸缘高为 0.7mm。由于翻边孔径很小，只能进行无预冲孔穿刺翻边。

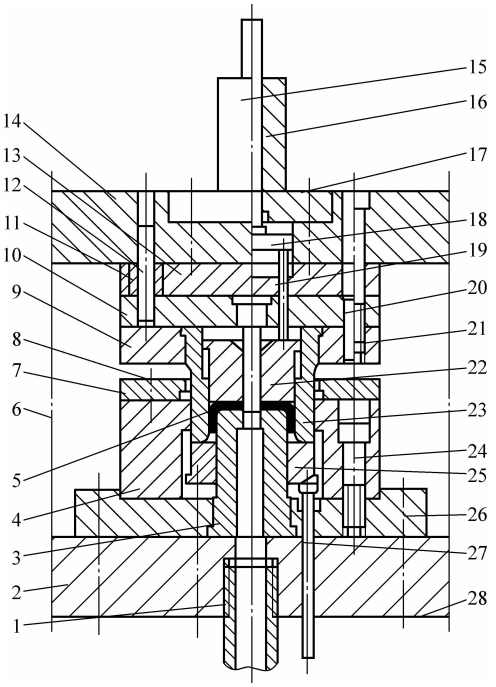


图 6-23　圆筒形或方形拉深零件落料、拉深、冲孔复合模

1—空心螺杆　2—下模座　3、23—凸凹模　4—落料凹模　5—冲孔凸模　6—导柱、导套　7—卸料板　8、17、21、24—内六角螺钉　9、10、26—固定板　11—衬套　12、20—圆柱销　13—垫板　14—上模座　15、19—推杆　16—模柄　18—推板　22—卸件器　25—压边圈　27—顶杆　28—下模座

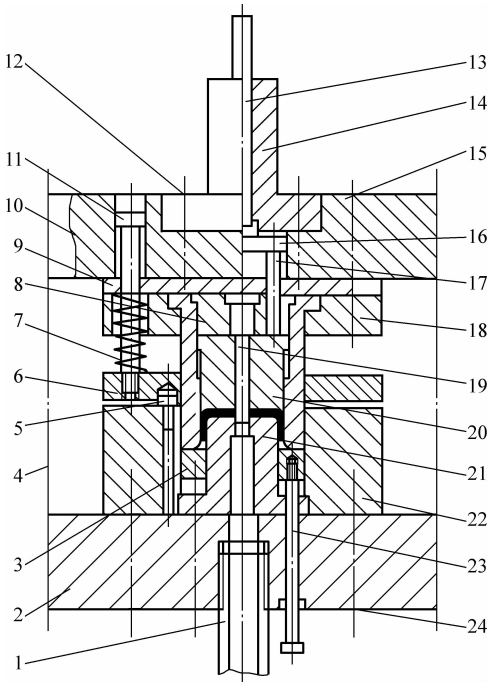


图 6-24　小型薄料浅拉深圆筒形零件的落料、拉深、冲孔复合模

1—空心螺杆　2—下模座　3—压边圈　4—导柱、导套　5—挡料销　6—卸料板　7—弹簧　8、18—固定板　9—垫板　10—上模座　11—卸料螺钉　12、15、24—内六角螺钉（圆柱销）　13、17—推杆　14—模柄　16—推板　19—冲孔凸模　20—卸件器　21—凸凹模　22—凹模　23—顶杆

为了确保翻边凸缘口部平齐并有足够高度，应在同一工位上先进行压形，保证底部内凸而外凹 120°，再穿刺翻边。

该冲模采用后侧导柱模架，九工位八工步进行连续拉深、压形、穿刺翻边，最后落料，成品零件靠自重由模下漏件孔自动跌入模下零件箱。该冲模利用前一工位拉深坯件定位，操作方便。全部各工位凹模均采用镶块嵌装入凹模框，制造与修理都很方便。

（2）汽车仪表灯罩连续拉深模（见图 6-28）　该冲模是有工艺切口、带方凸缘的旋转体拉深零件的连续拉深模。仪表壳、汽车仪表灯罩等小型带异形凸缘的圆筒形拉深零件，常用图 6-28 所示有工艺切口的连续拉深模。通常情况下，采用合适规格的卷料或带料进行生产，生产率高，质量好。

该拉深零件分五个工步完成，见图 6-28 中排样图。

模具的结构设计因料厚仅为 0.5mm，故对于冲工艺切口、落料等冲裁工位，除保证良好导向外，应特别关注其稳定性。连续拉深各工位，用前一工位拉深坯件定位，卸料系统必须顺畅。因此，模具结构设计冲裁工位、落料工位，凸、凹模直接固定在上、下模座上，各有导向机构两套，均为小导柱，使整个冲模导向精度高，刚度大，运作稳定性好。

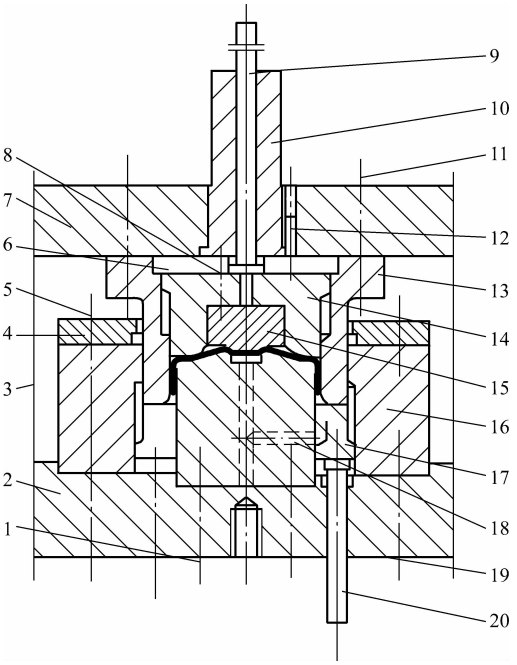


图 6-25　非平底圆筒形拉深零件落料、拉深、压形复合模

1、5、8、11、19—内六角螺钉　2—下模座　3—导柱、导套　4—卸料板　6—垫板　7—上模座　9—推杆　10—模柄　12—圆柱销　13—凸凹模　14—卸件器　15—压形凸模　16—落料凹模　17—压边圈　18—拉深凸模　20—顶杆

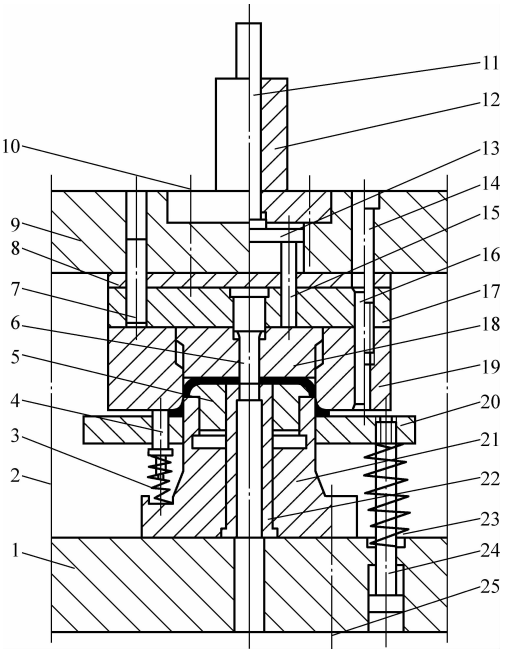


图 6-26　圆筒形拉深件、拉深、切边、冲孔复合模

1—下模座　2—导柱、导套　3—弹簧　4—可伸缩式挡料销　5、21—凸模　6—冲孔凸模　7、16—圆柱销　8—垫板　9—上模座　10、25—内六角螺钉（圆柱销）　11、15—推杆　12—模柄　13—推板　14—内六角螺钉　17—固定板　18—卸件器　19、22—凹模　20—卸料板　23—弹簧　24—卸料螺钉

在第 5 工位，工件冲切凸缘落料后顺凹模洞口落下，由风嘴用压缩空气吹出模进入零件箱。

（3）支臂零件的连续拉深及翻边成形连续式复合模（见图 6-29）　由于支臂零件是一个头部为高截锥环首的窄长柄形状，料厚 t 仅 0.4mm，材料为软态 H62 黄铜。头部环首高 3mm，内孔为 ϕ4mm，外缘底部最大直径为 ϕ5.3mm，允许有翻边后小端形成的自然斜度。

该模具依工艺要求与冲模结构设计需要，采用有工艺切口连续拉深而后冲底孔、翻边，达到要求后整体落料，完成该零件冲制。

拉深用第Ⅱ～第Ⅵ工位，计五工步连续拉深。第Ⅶ工位冲底孔 ϕ3.7mm，第Ⅷ工位空挡，第Ⅸ工位翻边成形，第Ⅹ工位落料。

由于零件料薄、尺寸小，用多工位连续冲制，操作安全效率高。

该冲模采用四角导柱模架弹压卸料导板式结构，卸料板挂装在导柱上，可随上模上下活动。模具采用带料连续冲压，靠由左侧件 1、2、8、9 构成的拉入式送料系统，在上模开启时，单作用驱动斜楔件 2 与楔滑块夹持器 1、楔滑块 8 脱开，弹簧 9 推动楔滑块 8 与张开的楔滑块夹持器 1 向左运行一个送料进距 S。当上模下行时，单作用驱动斜楔 2 头部斜面先接触楔滑块夹持器 1，使其闭合夹住带料，并随斜楔斜面行程，将带料由右向左拉一个送料进距 S，实现自动送料。止回棘爪 4 的作用是制止带料返回。

（4）芯轴套连续拉深、冲孔、落料连续复合模（见图6-30）　图6-30所示为带料切口

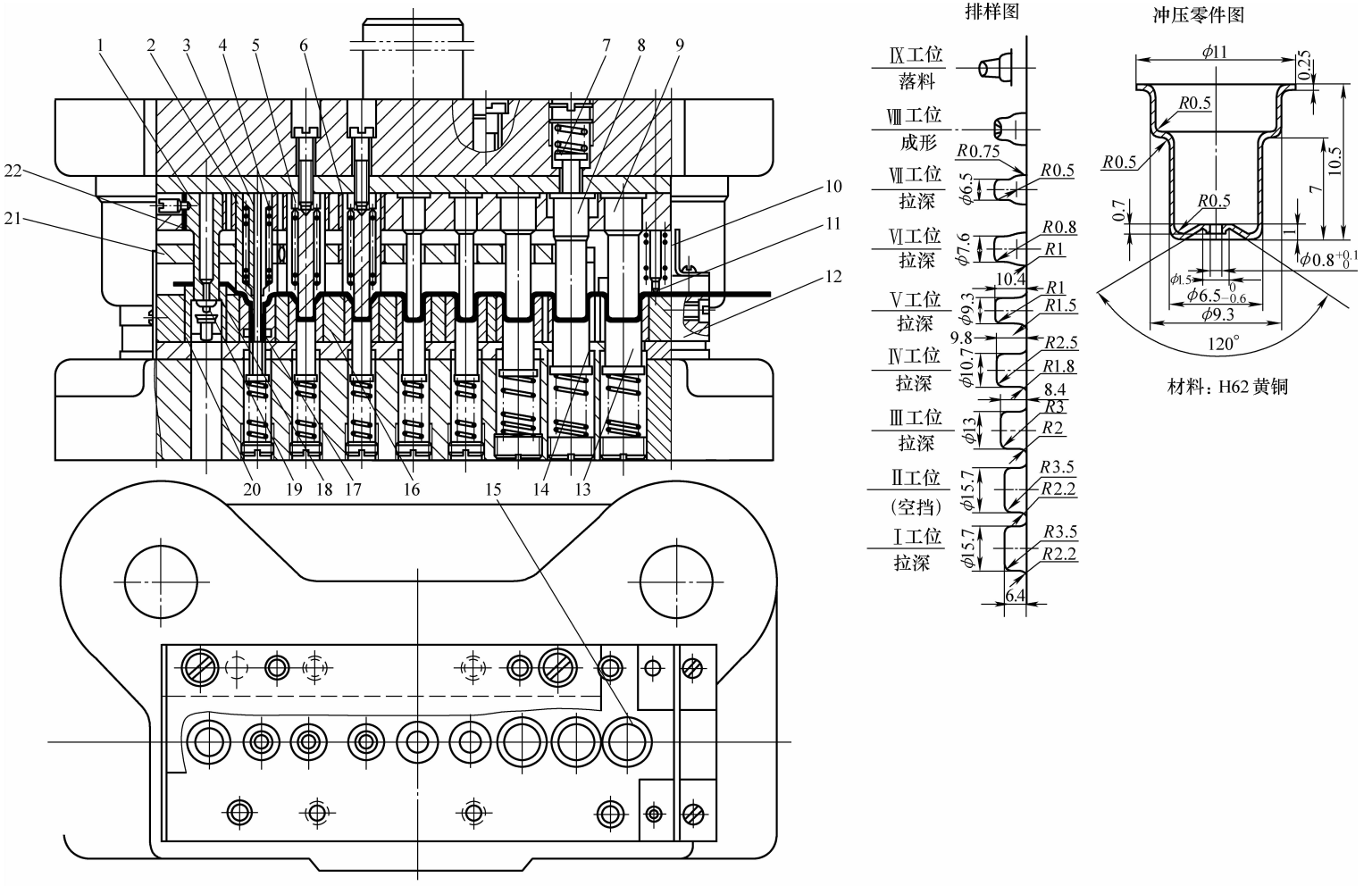
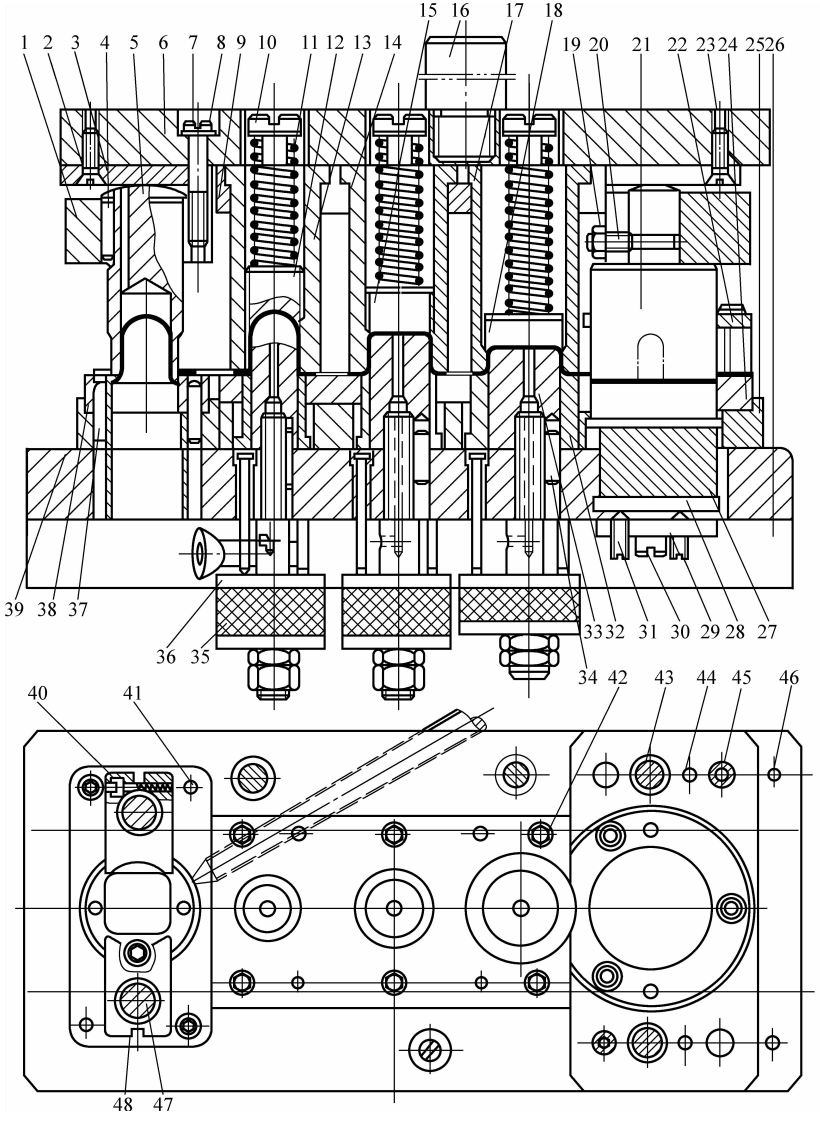
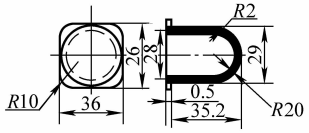


图 6 - 27　多工位连续拉深与成形连续式复合模

1—落料凸模　2—成形凸模　3—穿刺翻边凸模　4—护套　5、6、9—拉深凸模　7—打杆　8—导正凸模
10—防护栅　11—弹压卸料板　12—镶块　13—顶板　14—定位套　15—拉深凹模　16—固定板
17—穿刺翻边凹模　18—落料凹模　19—导正销　20—垫圈　21—固定卸料板　22—镶套



冲压零件图



材料：08F

排样图

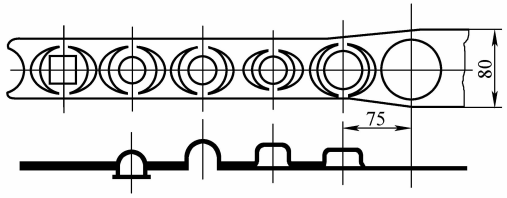


图 6-28　汽车仪表灯罩连续拉深模

1、23—凸模固定板　2—沉头螺钉　3、26、28—垫板
4、34、37、41、44、46—圆柱销　5—落料凸模　6—上模座
7、30、40—圆柱头螺钉　8—垫圈　9—固定板　10—弹簧柱芯
11—弹簧　12、15、18—卸件器　13、14—拉深凹模　16—模柄
17、24、38—凹模　19—六角螺母　20—紧固螺钉
21、33—凸模　22、45—卸料板　25—凹模固定板　27、35—橡胶块
29—支承板　31—紧定螺钉　32—推件环　36—垫板　39—下模座
42、48—内六角螺钉　43、47—小导柱

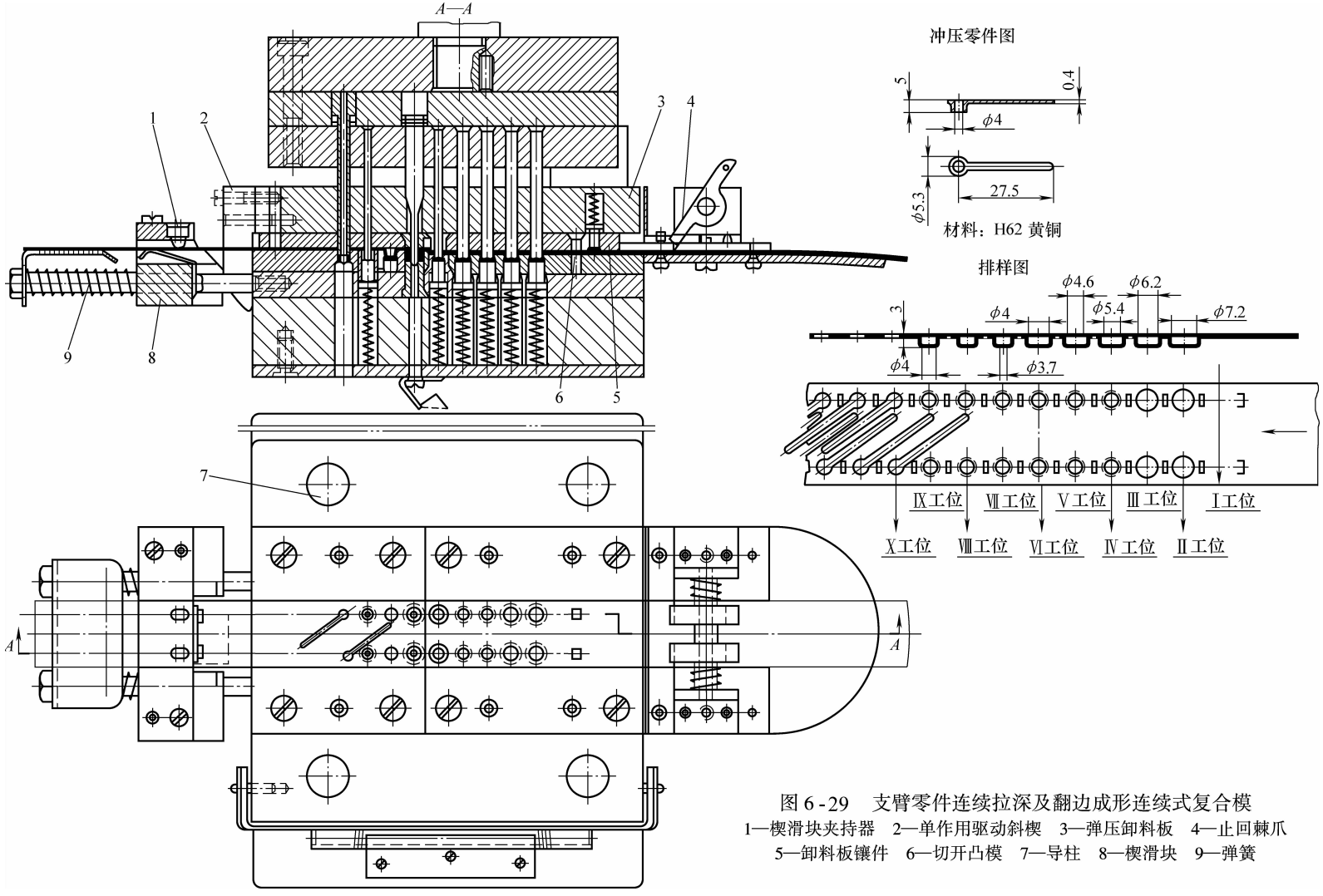


图 6-29　支臂零件连续拉深及翻边成形连续式复合模

1—楔滑块夹持器　2—单作用驱动斜楔　3—弹压卸料板　4—止回棘爪
5—卸料板镶件　6—切开凸模　7—导柱　8—楔滑块　9—弹簧

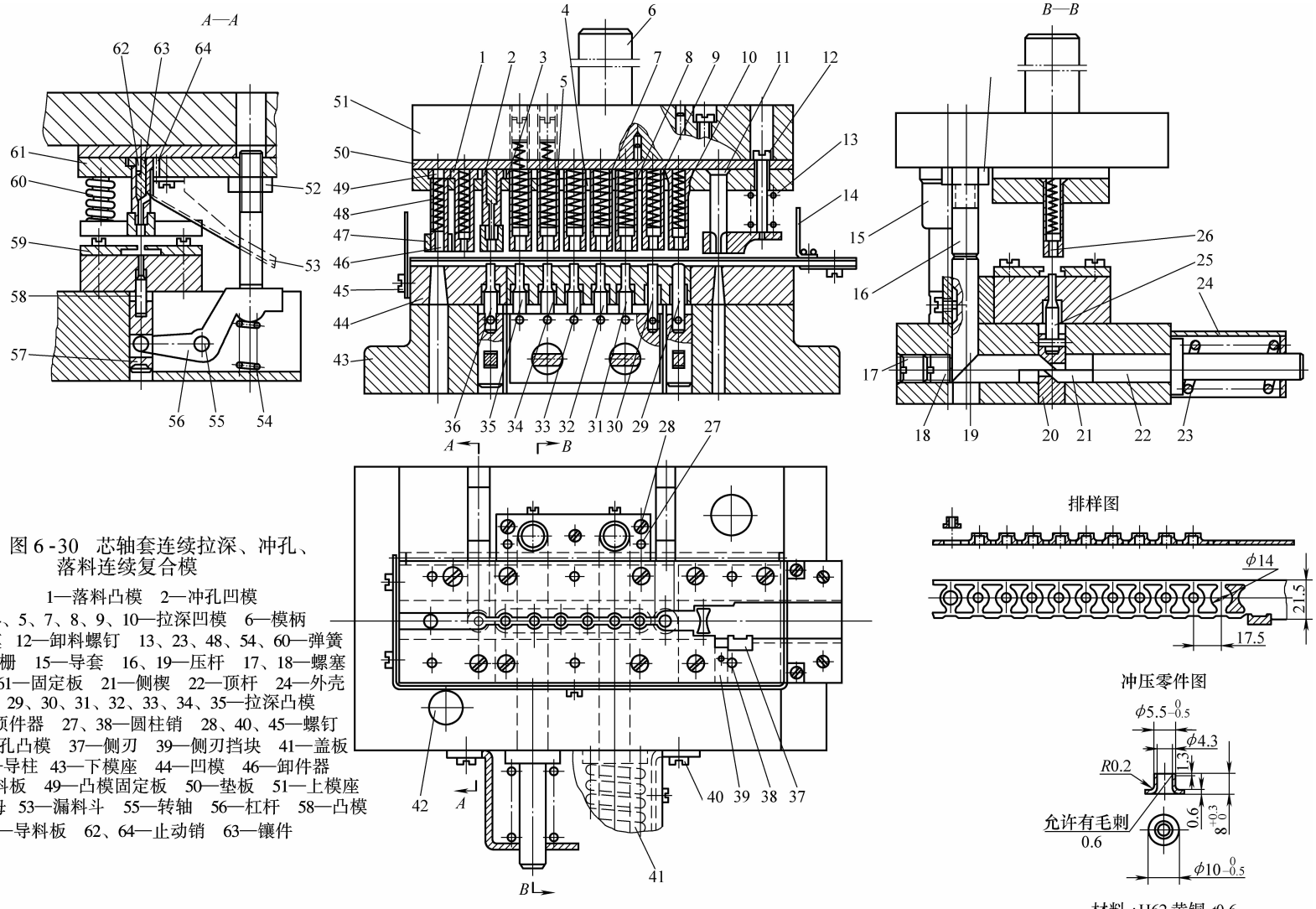


图 6-30　芯轴套连续拉深、冲孔、落料连续复合模

1—落料凸模　2—冲孔凹模
3、4、5、7、8、9、10—拉深凹模　6—模柄
11—凸模　12—卸料螺钉　13、23、48、54、60—弹簧
14—防护栅　15—导套　16、19—压杆　17、18—螺塞
20、57、61—固定板　21—侧楔　22—顶杆　24—外壳
25、29、30、31、32、33、34、35—拉深凸模
26—顶件器　27、38—圆柱销　28、40、45—螺钉
36—冲孔凸模　37—侧刃　39—侧刃挡块　41—盖板
42—导柱　43—下模座　44—凹模　46—卸件器
47—卸料板　49—凸模固定板　50—垫板　51—上模座
52—螺母　53—漏料斗　55—转轴　56—杠杆　58—凸模
59—导料板　62、64—止动销　63—镶件

连续拉深模的一种典型结构，其特点是向上拉深，采用对角导柱模架。这种结构的优点是：送料顺畅，定位准确，废品率低；第一个拉深凸模单独做成可调的，以便在首次拉深时获取较大的相对拉深高度，中间各工步如发生问题，也便于调整和检查。此结构适用于具有较大凸缘的拉深零件，当凸缘较小时，落料方法应改变。

（5）罩壳冲孔—翻边、拉深、切边连续式复合模（见图 6-31）　罩壳是一个中心翻边的浅拉深零件，但要求无凸缘并切边。按冲压工艺，该冲模设计为两个工步：第一工步冲孔；第二工步进行翻边、拉深并切边。该冲模采用装设由单作用驱动斜楔带动的钩式拉料送进系统，可以对带料进行半自动连续冲压。

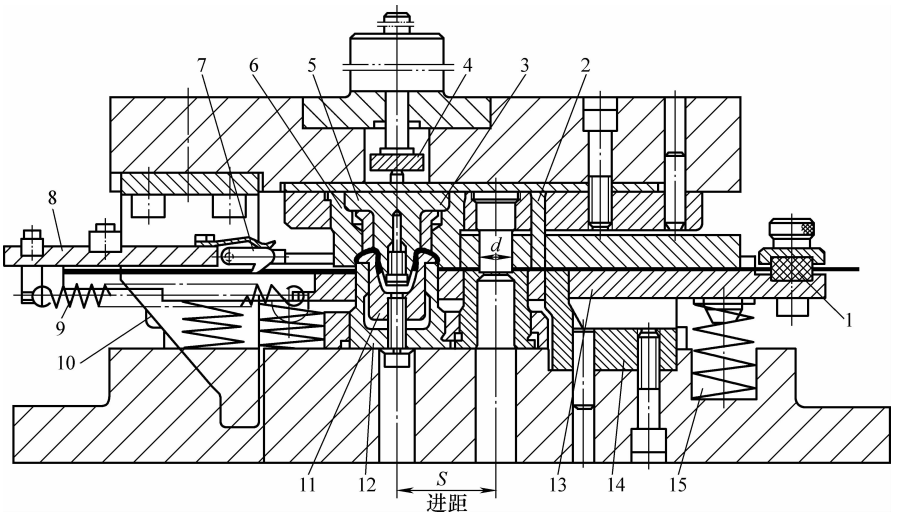


图 6-31　罩壳冲孔—翻边、拉深、切边连续式复合模

1—带料校直器　2—镶套　3—翻边成形凸模　4—推板　5—卸件器　6—切边凹模
7—钩式送料系统料钩　8—楔滑块　9—拉簧　10—楔　11—拉深凸模　12—模芯切边凸模
13—弹压卸料板　14—凹模座　15—弹簧

6.4　拉深模结构的工艺要素及设计要点

拉深模设计的主要依据是拉深零件及其拉深工艺。对一次拉深成形的拉深零件，则其加工图样便是拉深模设计的主要依据。根据拉深零件绘制其展开平毛坯图，便是确定拉深毛坯及其落料模的根据。在有些情况下，要经过多次拉深加工，才能完成的复杂形状或拉深高度较大的零件，就要用多套拉深模。如果用带料连续拉深，也需要多个拉深工位。只有可以一次拉深成形的零件，才可能用单工位落料拉深复合模进行复合冲压，一模成形；对于直径小于 ϕ60mm，虽需多次拉深但中间无需退火的拉深零件，才可能实施多工位连续拉深一模成形。

6.4.1　与拉深模结构相关的工艺要素

从图 6-32a ~ g 中可以看出，多次拉深成形的复杂形状拉深件，每一道拉深工序都有一定尺寸与形状要求，拉深模则必须按其要求尺寸与形状进行设计与制造，否则就冲制不出合格零件。因此，每一道拉深工序的拉深半成品，包括最后成形的拉深件，就是各道拉深工序

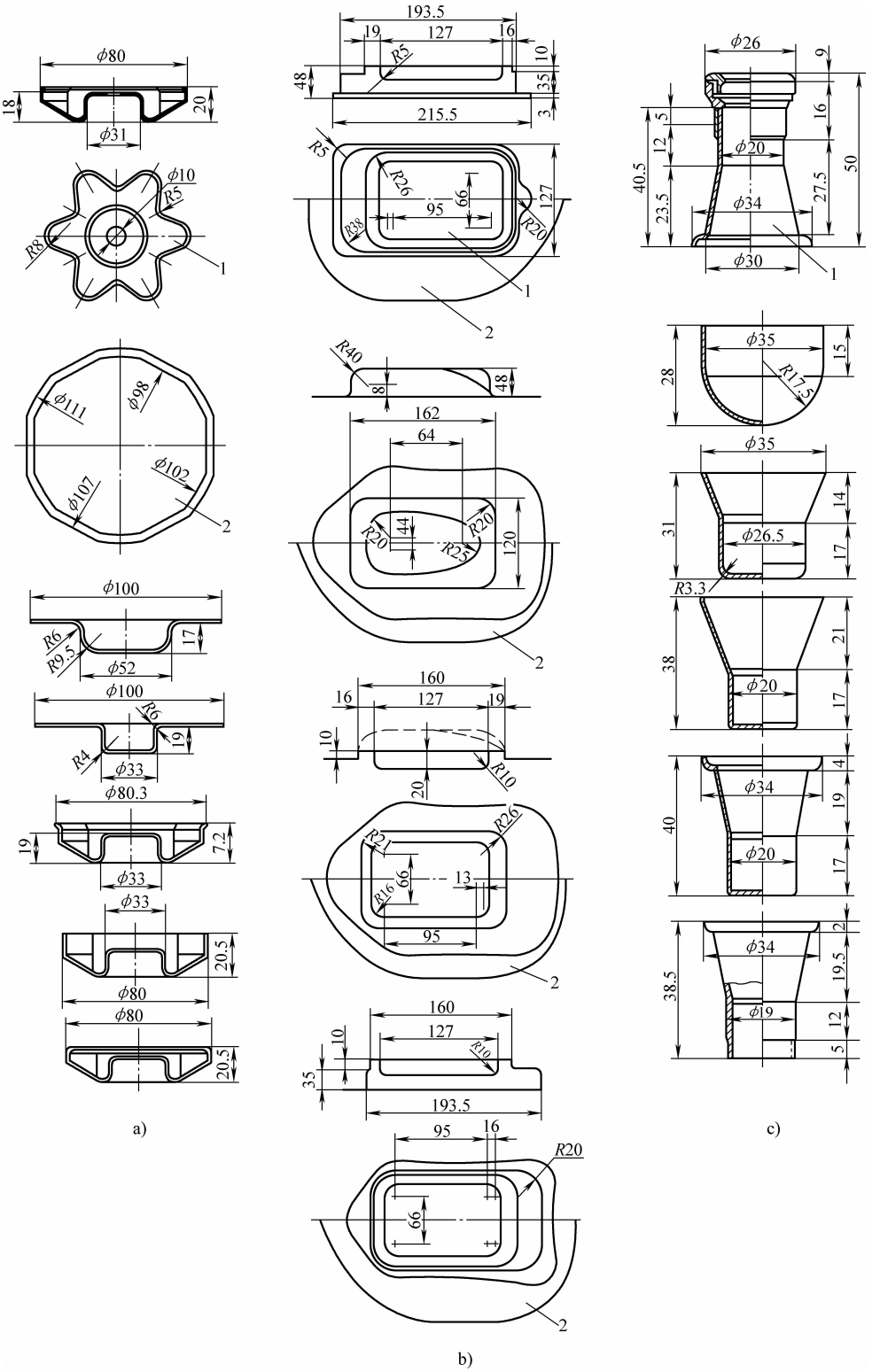
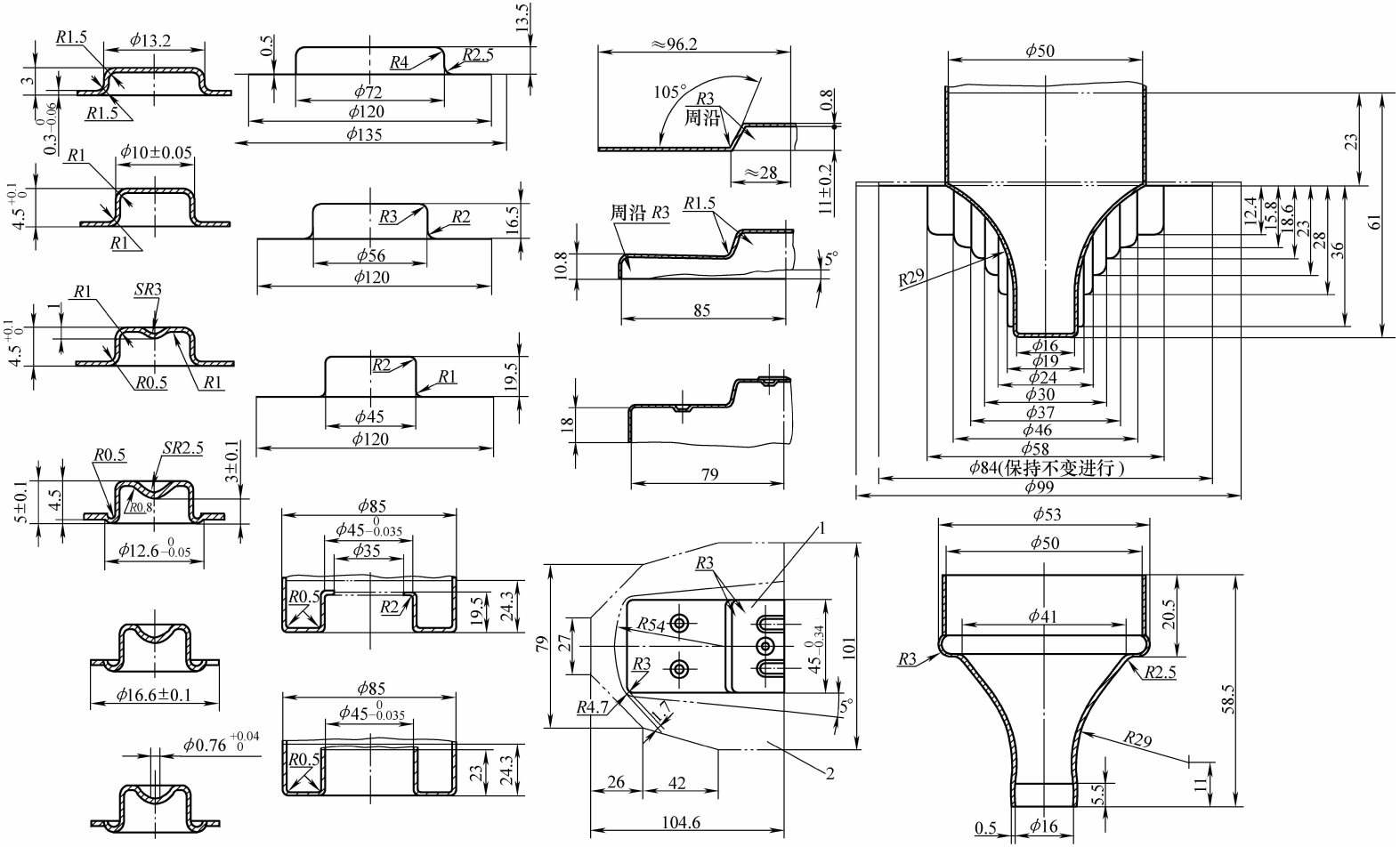


图 6-32　典型拉深件的拉深工艺过程

a）花盘　b）开关盒　c）杯座

1—拉深件图样　2—拉深毛坯



d) e) f) g)

图 6 - 32　典型拉深件的拉深工艺过程（续）

d）轴盖　e）罩壳　f）表芯罩　g）旋轴座

1—拉深件图样　2—拉深毛坯

所用拉深模的设计依据和要求。拉深工艺过程中的拉深次数、各道拉深所获半成品尺寸，是由冲压工艺编制时确定的，通常都要在试模中验证、修准。

除上述拉深件图样、拉深工艺过程外，与拉深模结构设计有关的工艺要素还有：

1）拉深件的材料种类及其力学性能、供应状态。

2）拉深件的结构形状与尺寸构成，以及应划归的拉深件类别。

3）拉深件凸缘与壁部转角、底与壁部转角、壁部夹角等材料流动阻力大、受拉深力大的部位的圆角半径大小要合适。

圆筒形拉深件底与直壁转角处（即底角）的圆角半径 $r_{底} \geqslant t$。

圆筒形拉深件平凸缘与直壁转角处（即口部）的圆角半径 $r_{凸} \geqslant 2t$。

方形与矩形拉深件四壁转角的圆角半径 $r_{角} \geqslant 3t$。

上述各圆角半径应尽量大一些，以利于拉深成形，减少拉深次数。否则，要在拉深后增加校形工序，以获取更小的拉深件 $r_{底}$、$r_{凸}$ 及 $r_{角}$ 数值。

4）拉深方式，即用压边圈还是不用压边圈拉深，是一次拉深成形还是多工位连续拉深成形等。

5）拉深件展开平毛坯图的设计、计算及绘制。

根据对拉深件的工艺分析结果，依据其拉深材料许用的极限拉深系数计算拉深次数。考虑拉深件的其他工艺作业，包括冲孔、切边、冲凸缘切口，各种成形加工的需要，以及后续加工工序，提出多个冲压工艺方案，进行对比选优。

6.4.2　不同拉深材料的拉深系数

在制定拉深工艺方案及设计拉深模时，首先要解决的问题如下：

1）确定拉深工艺的类型。采用旋压拉深、软模拉深，还是采用普通钢模进行常规普通拉深，要考虑采用哪种拉深工艺会更经济、合理，投产更快。对于中小型拉深件，在成批与大量生产中，应采用生产率较高、模具寿命较高，而生产成本较低的普通钢模的常规拉深工艺。

2）在确定拉深工艺的类型之后，应先根据拉深零件材料、形状及相关尺寸，确定其是一次拉深成形，还是要多次拉深才能完成，以及连续拉深而无需中间退火、酸洗的可行性等。

3）采用最小的、合理的拉深系数 m，充分利用拉深材料的塑性，在其强度允许的情况下，采用最大可能的拉深变形程度，达到最少且可能的拉深次数。拉深零件的拉深系数是表示拉深变形量常用的主要参数。

首次拉深的拉深系数为　　$m_1 = d_1 / D_{坯}$　　(6-1)

第二次拉深的拉深系数为　　$m_2 = d_2 / d_1$　　(6-2)

第三次拉深的拉深系数为　　$m_3 = d_3 / d_2$　　(6-3)

……

第 n 次拉深的拉深系数为　　$m_n = d_n / d_{n-1}$　　(6-4)

以上式中，$d_1 \sim d_n$ 为第 $1 \sim n$ 次拉深工件的直径（mm）；$D_{坯}$ 为拉深毛坯直径（mm）。

拉深系数 m 是一个受众多因素影响、波动很大的数值。迄今，还提不出精准、系统、经过生产考验的 m 值。表 6-7 所示为可供参考的 m 值范围。随着拉深材料塑性提高、生产条件的改善，以及拉深模结构的改进，m 值会进一步缩小而突破表 6-7 所列范围。

表 6-7　各种金属材料的拉深系数

拉深材料		主要材料牌号	首次或一次拉深 m_1	首次后各次拉深 m_n
类　别	名　称			
深拉深冷轧钢板	沸腾钢	05F、08F	0.52～0.58	0.72～0.76
	铝镇静钢	08A1Z、08A1F、08A1HF、08A1ZF	0.50～0.56	0.70～0.75
有色金属板	铝和铝合金	8A06M、1035M、3A21M	0.52～0.55	0.70～0.75
	硬铝	2A12M、2A11M	0.56～0.58	0.75～0.80
	黄铜	H62	0.52～0.54	0.70～0.72
		H68	0.50～0.52	0.68～0.72
	纯铜	T2、T3、T4	0.50～0.55	0.72～0.80
	无氧铜	TU1、TU2	0.50～0.58	0.75～0.82
	锰白铜	BMn3-12、BMn40-1.5、BMn40-1.5	0.48～0.53	0.70～0.75
	康铜或铜镍合金		0.50～0.56	0.74～0.84
	锌		0.65～0.70	0.85～0.90
酸洗钢板			0.58～0.65	0.80～0.85
			0.54～0.58	0.75～0.78
不锈钢钢板	不锈钢	06Cr13	0.52～0.56	0.75～0.78
		06Cr19Ni10	0.50～0.52	0.70～0.75
		12Cr18Ni9	0.52～0.55	0.78～0.81
铬镍合金钢板	铬镍合金	0Cr18Ni11Nb、0Cr23Ni13	0.52～0.55	0.78～0.80
		Cr20Ni80Ti	0.54～0.59	0.78～0.84
其他合金板	合金结构钢	30CrMnSiA	0.62～0.70	0.80～0.84
	可伐合金		0.65～0.67	0.85～0.90
	钼铱合金		0.72～0.82	0.91～0.97
	钽		0.65～0.67	0.84～0.87
	铌		0.65～0.67	0.84～0.87
	钛及钛合金	TA2、TA3	0.58～0.60	0.80～0.85
		TA5	0.60～0.65	0.80～0.85

注：1. 凹模圆角半径 $r_{凹}<6t_0$ 时，拉深系数取大值；凹模圆角半径 $r_{凹}\geqslant(7\sim8)t$ 时，拉深系数取小值。

2. 材料相对厚度（$t_0/D_{坯}$）$\times100\geqslant0.62$ 时，拉深系数取小值；反之，拉深系数取大值。

通常影响 m 值因素如下：

1）拉深材料的内部组织与力学性能，特别是塑性。

2）拉深零件的尺寸大小及其构成比。主要是料厚 t_0、相对厚度（$t_0/D_{坯}$）$\times100$、凸缘相对直径 $d_{凸}/d_{件}$、拉深零件相对高度 $h_{件}/d_{件}$ 等。

3）拉深模结构：用压边圈与不用压边圈、压边圈的形状与结构尺寸、拉深凸模与凹模的圆角半径、拉深间隙、拉深模腔的表面粗糙度。

4）主要生产条件：拉深速度、润滑剂质量及润滑效果、材料供应状态及表面质量。

6.4.3　用压边圈拉深方法界定

选定用压边圈拉深，还是无压边圈拉深，主要是根据拉深零件展开平毛坯的相对厚度 $t_0/D_{坯}$、拉深系数 m，按表 6-8 确定。

表 6-8　拉深方法界定参数

拉深方法	首次或一次性拉深		首次后各次拉深	
	$(t_0/D_{坯})\times100$	m_1	$(t_0/D_{坯})\times100$	m_n
用压边圈拉深	<1.5	<0.6	<1	<0.8
推荐用压边圈拉深	1.5~2.0	0.6	1~1.5	0.8
不用压边圈拉深	>2.0	>0.6	>1.5	>0.8

6.4.4　拉深次数及各次拉深直径的确定

通常情况下，对拉深零件所需拉深次数，只能根据拉深零件相关尺寸进行初步估算，最终由工艺计算结果，通过对各次拉深工步的 m 值平衡调整后确定。圆筒形拉深件拉深次数的初步估算方法有：计算法、图算法、查表法、推算法等多种方法。

1. 计算法

用下述公式依据采用的拉深系数求出拉深次数 $n_{拉}$：

$$n_{拉}=1+\frac{\lg d_{件}-\lg(m_1 D_{坯})}{\lg m_n} \tag{6-5}$$

式中，$n_{拉}$ 为拉深次数（次）；$d_{件}$ 为拉深零件直径（mm）；$D_{坯}$ 为拉深零件毛坯直径（mm）；m_1 为首次拉深的拉深系数；m_n 为首次后各次拉深的平均拉深系数。

用上述理论计算公式计算的结果大多不是整数，为安全可靠计，总是就高弃低加大成最接近计算结果的整数，作为计算拉深次数。最后，通过各次拉深变形量，即 m 值平衡、调整，确定各拉深工步的拉深系数、各次拉深的坯件尺寸，为拉深模结构设计提供依据。

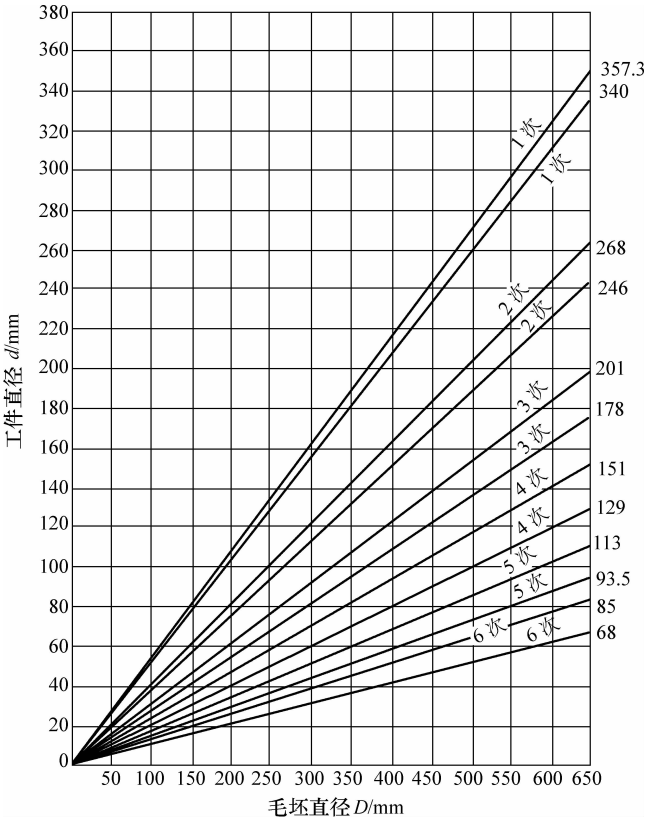


图 6-33　确定拉深次数及半成品尺寸列线图

2. 图算法

推荐用图 6-33、图 6-34 图算确定圆筒形拉深件拉深次数及各次拉深直径。

使用图 6-33 时，先在其横坐标上找出等于展开毛坯直径 $D_{坯}$ 的点，由此点向上做一垂线，再从纵坐标上找出等于拉深工件直径 $d_{件}$ 的点，由此点向右做水平线，与垂线相交。根据交点决定拉深次数。如交点在两斜线之间，应就高弃低，取最近一根斜线所示的拉深次数。图中斜线有图外延长线的，用于拉深料厚 $t_0=0.5\sim2.0$mm 的情况；无图外延长线的斜线，用于 $t_0>2.0\sim3.0$mm 的情况。

图 6-34 所示图算精度较高，使用更简便一些。

图中示例：已知一圆筒形拉深件直径 $d_{件}=70$mm，料厚 $t_0=1.5$mm，展开平毛坯直径 $D_{坯}=200$mm，试用图 6-34 图算其拉深次数及各次拉深直径 $d_{坯}$、$d_{件}$。

图算过程用带箭头粗实线，示于图中。

首次拉深 $D_{坯}=200$mm，$d_1=d_{件}=120$mm；

二次拉深 $d_1=d_{坯}=120$mm，$d_2=d_{件}=92$mm；

三次拉深 $d_2=d_{坯}=92$mm，$d_3=d_{件}=70$mm。

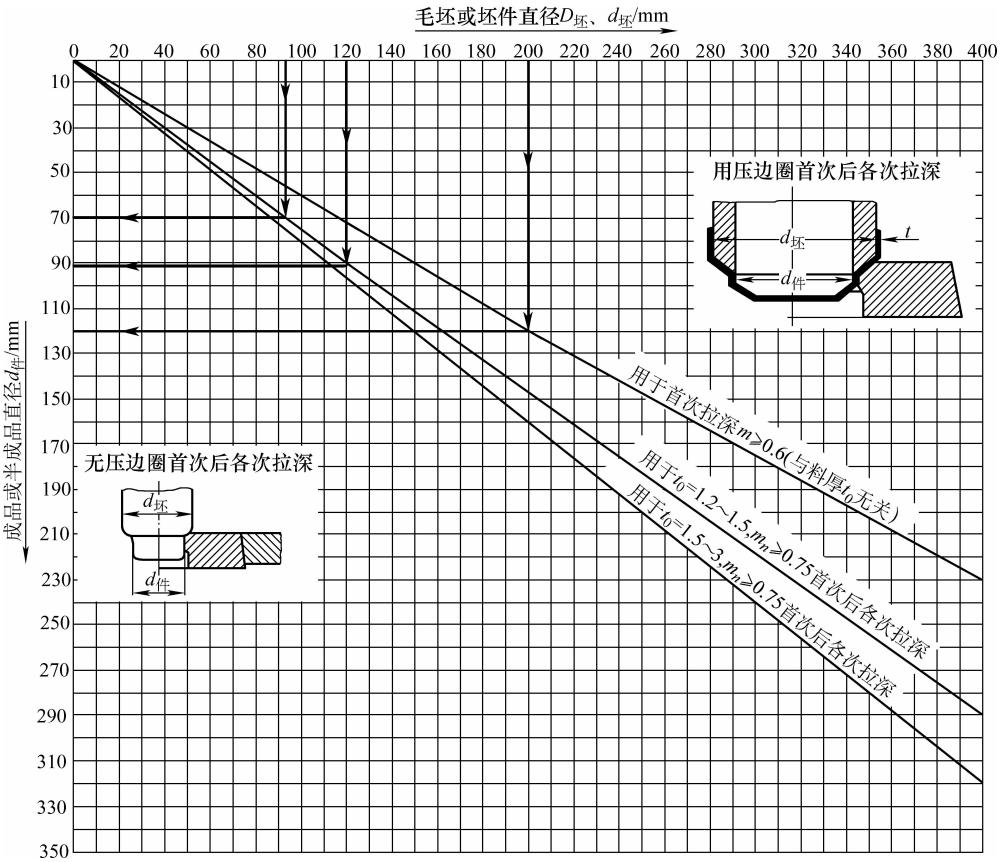


图 6-34　确定拉深次数及各次拉深直径列线图

注：当料厚 $t_0=0.5\sim1.5$mm 时，压边圈宽度不超过 30mm；当料厚 $t_0=0.2\sim0.45$mm 时，压边圈宽度不超过 18mm。

3. 查表法与推算法

（1）查表确定拉深次数　根据拉深零件的相对高度 $h/d_{件}$ 和展开毛坯相对厚度（$t_0/D_{坯}$）$\times100$，查表 6-9 ~ 表 6-13 即可获取拉深次数及各次拉深系数。

表 6-9　无凸缘圆筒形拉深件最大相对高度 $h/d_{件}$

拉深次数 n	毛坯相对厚度（$t_0/D_{坯}$）×100					
	2.0～1.5	<1.5～1.0	<1.0～0.6	<0.6～0.3	<0.3～0.15	<0.15～0.08
1	0.94～0.77	0.84～0.65	0.70～0.57	0.62～0.5	0.52～0.45	0.46～0.38
2	1.88～1.54	1.60～1.32	1.36～1.1	1.13～0.94	0.96～0.83	0.9～0.7
3	3.5～2.7	2.8～2.2	2.3～1.8	1.9～1.5	1.6～1.3	1.3～1.1
4	5.6～4.3	4.3～3.5	3.6～2.9	2.9～2.4	2.4～2.0	2.0～1.5
5	8.9～6.6	6.6～5.1	5.2～4.1	4.1～3.3	3.3～2.7	2.7～2.0

注：1. 大的 $h/d_{件}$ 比值，适用于首次拉深用大的凹模圆角半径［由（$\delta_0/D_{坯}$）×100=2～1.5 时的 $r_{凹}=8t_0$，到 $t_0/D_{坯}\times100=0.15\sim0.08$ 时的 $r_{凹}=15t_0$］；小的比值适用于小的凹模圆角半径［$r_{凹}=(4\sim8)\,t_0$］。

2. 表中的拉深次数适用于08、10沸腾钢冷轧钢板。

表 6-10　有凸缘圆筒形拉深件最大相对拉深高度 $h/d_{件}$

凸缘的相对直径 $h/d_{件}$	毛坯相对厚度（$t_0/D_{坯}$）×100				
	2.0～1.5	1.5～1.0	1.0～0.5	0.5～0.2	0.2～0.06
≤1.1	0.90～0.75	0.82～0.60	0.70～0.57	0.62～0.50	0.52～0.45
>1.1～1.3	0.80～0.65	0.72～0.56	0.60～0.50	0.53～0.45	0.47～0.40
>1.3～1.5	0.70～0.58	0.63～0.50	0.53～0.45	0.48～0.40	0.42～0.35
>1.5～1.8	0.58～0.48	0.53～0.50	0.44～0.37	0.39～0.34	0.35～0.29
>1.8～2.0	0.51～0.42	0.46～0.36	0.38～0.32	0.34～0.29	0.30～0.25
>2.0～2.2	0.45～0.35	0.40～0.31	0.33～0.27	0.29～0.25	0.26～0.22
>2.2～2.5	0.35～0.28	0.32～0.25	0.27～0.22	0.23～0.20	0.21～0.17
>2.5～2.8	0.27～0.22	0.24～0.19	0.21～0.17	0.18～0.15	0.16～0.13
>2.8～3.0	0.22～0.18	0.20～0.16	0.17～0.14	0.15～0.12	0.13～0.10

注：1. 适用于08、10沸腾钢冷轧钢板。

2. 较大值适用于拉深零件圆角半径较大的情况，其拉深凸模及凹模圆角半径为10～20倍料厚，即 $r_{凸}$、$r_{凹}\approx(10\sim20)\,t_0$；较小值用于拉深零件圆角半径较小的情况，$r_{凸}$、$r_{凹}\approx(4\sim8)\,t_0$。

表 6-11　用压边圈的无凸缘圆筒形拉深件的拉深系数

压延系数	毛坯相对厚度（$t_0/D_{坯}$）×100					
	2.0～1.5	<1.5～1.0	<1.0～0.6	<0.6～0.3	<0.3～0.15	<0.15～0.08
m_1	0.46～0.50	0.50～0.53	0.53～0.55	0.55～0.58	0.58～0.60	0.60～0.63
m_2	0.73～0.75	0.75～0.76	0.76～0.78	0.78～0.79	0.79～0.80	0.80～0.82
m_3	0.76～0.78	0.78～0.79	0.79～0.80	0.80～0.81	0.81～0.82	0.82～0.84
m_4	0.78～0.80	0.80～0.81	0.81～0.82	0.82～0.83	0.83～0.85	0.85～0.86
m_5	0.80～0.82	0.82～0.84	0.84～0.85	0.85～0.86	0.86～0.87	0.87～0.88

注：1. 当拉深件圆角半径 $r_{件}=(8\sim15)\,t_0$，取表中小的拉深系数值；当 $r_{件}=(4\sim8)\,t_0$ 时，取表中大的拉深系数值。

2. 表中数值适用于08钢、10Mn及15Mn钢等冷轧拉深钢。

3. 拉深20～25钢、Q215及Q235酸洗钢、硬态铝、黄铜等塑性稍差的材料时，应将表中数值加大1.5%～2%。

4. 拉深05、08F、10F、08Al、08AlF、08AlZF等塑性更大的深拉深冷轧板时，应将表中数值减小1.5%～2%。

5. 退火后的中间拉深工序，应将表中数值降低2%～3%。

表 6-12　不用压边圈的无凸缘圆筒形拉深件的拉深系数

拉深系数	毛坯相对厚度（$t_0/D_{坯}$）×100								
	>3.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.8	0.6	0.4
m_1	0.50	0.53	0.55	0.60	0.65	0.75	0.8	0.85	0.9
m_2	0.70	0.75	0.75	0.75	0.80	0.85	0.88	0.90	0.92
m_3	0.75	0.80	0.80	0.80	0.84	0.90	—	—	—
m_4	0.78	0.84	0.84	0.84	0.87	—	—	—	—
m_5	0.82	0.87	0.87	0.87	0.90	—	—	—	—
m_6	0.85	0.90	0.90	0.90	—	—	—	—	—

注：1. 表中数值适用于08钢、10Mn及15Mn钢等冷轧拉深钢板。

2. 其他材料的拉深，可按表6-11表注3、4、5加以调整。

表 6-13　有凸缘圆筒形拉深件的拉深系数（材料：10钢冷轧板）

拉深系数			毛坯相对厚度（$t_0/D_{坯}$）×100				
			2.0～1.5	1.5～1.0	1.0～0.5	0.5～0.2	0.2～0.06
首次拉深的最小拉深系数 m_1	相对凸缘直径 $d_{凸}/d_{件}$	1.1以下	0.50	0.53	0.55	0.57	0.59
		1.3	0.49	0.51	0.53	0.54	0.55
		1.5	0.47	0.49	0.50	0.51	0.52
		1.8	0.45	0.46	0.47	0.48	0.40
		2.0	0.42	0.43	0.44	0.45	0.45
		2.2	0.40	0.41	0.42	0.42	0.42
		2.5	0.37	0.38	0.38	0.38	0.38
		2.8	0.33	0.34	0.34	0.35	0.35
m_2			0.73	0.75	0.76	0.78	0.79
m_3			0.75	0.78	0.79	0.80	0.81
m_4			0.78	0.80	0.81	0.82	0.83
m_5			0.80	0.82	0.84	0.85	0.86

注：1. 有中间退火的拉深工序，可将表中数值减小5%～8%。

2. 其他材料的拉深，可按表6-11表注3、4加以调整。

（2）推算法　推算法是在查表法所用表6-9～表6-12等相关资料基础上，根据（$t_0/D_{坯}$）×100值查出拉深系数 m_1、m_2、…、m_n 值，而后可按下列各式求出各次拉深半成品直径，至求出的半成品直径等于或小于拉深零件直径为止，即可确定合理拉深次数及各次拉深半成品尺寸。所用公式如下：

第一次拉深工件直径为　　$d_1 = m_1 D_{坯}$　　（6-6）

第二次拉深工件尺寸为　　$d_2 = m_2 d_1$　　（6-7）

……

第 n 次拉深工件直径为　　$d_n = m_n d_{n-1} \leqslant d_{件}$　　（6-8）

6.4.5　拉深模的工艺技术参数

1. 拉深凹模的圆角半径 $r_{凹}$

拉深凹模的圆角半径 $r_{凹}$ 对毛坯或坯件的拉深成形影响很大。$r_{凹}$ 值大，有利于拉深材料顺利进入凹模，材料流动阻小，有利于拉深成形；过大的 $r_{凹}$ 值，则因压料面积减少，易起皱；过小的 $r_{凹}$ 值，材料流动阻力加大，会出现严重减薄甚至破裂。推荐根据拉深材料种类、料厚 t_0，按表6-14选取 $r_{凹}$ 值。

表6-14　拉深凹模的圆角半径 $r_{凹}$ 值

拉深零件材料	料厚 t_0/mm	凹模圆角半径 $r_{凹}$
钢	薄料 <3	（10～6）t_0
	中厚板 =3～4.75	（6～4）t_0
	厚板 >4.75	（4～2）t_0
铝、黄铜、纯铜	薄料 <3	（8～5）t_0
	中厚板 =3～4.75	（5～3）t_0
	厚板 >4.75	（3～1.5）t_0

注：1. 首次拉深和较薄的材料，取表中最大值。

2. 首次后各次拉深和较厚的材料，取表列最小值。

也可用经验公式计算拉深凹模圆角半径 $r_{凹}$ 值，然后可按实际情况加以修正。计算公式为

$$r_{凹} = 0.8\sqrt{(D_{坯} - d_{凹})t_0} \tag{6-9}$$

式中，$r_{凹}$ 为拉深凹模的圆角半径（mm）；$D_{坯}$ 为毛坯直径，也可为半成品坯件直径（mm）；$d_{凹}$ 为拉深凹模内径（mm）；t_0 为拉深材料厚度（mm）。

首次后各次拉深的凹模圆角半径 $r_{凹}$，应按30%左右比率递减至最后拉深成形。

2. 拉深凸模的圆角半径 $r_{凸}$

拉深过程中，直接对板料和坯件施力拉深成形的凸模，其角部圆角处是工件最易破裂的危险断面。$r_{凸}$ 加大，拉深材料流动阻力减小，凸模传递给材料的拉深力也增大，有利于拉深成形；$r_{凸}$ 减小，增大拉深材料流动阻力，材料减薄，甚至在圆角处拉破、断裂。

拉深凸模的圆角半径 $r_{凸}$ 可按下述不同情况选取：

1）最后一次拉深成形和校形的凸模圆角半径 $r_{凸}$，对于一般精度的拉深件，可按拉深零件要求的圆角半径设计和制造。

对于高精度拉深件，要依下述情况分别对待：

当拉深零件标注外形尺寸，要求外表面角部圆角半径时，用凹模圆角半径控制其尺寸精度。此时，凸模圆角半径 $r_{凸}$ 的计算应考虑角部料厚拉深后的减薄值，一般为（20%～25%）t_0，将 $r_{凸}$ 值加大制造，经试模后随时修准。

当拉深零件标注内形尺寸，要求内表面角部圆角半径 $r_{凹}$ 时，一般用拉深凸模控制拉深件内圆角尺寸，$r_{凹}$ 值应按拉深零件的允许最小尺寸并考虑角部料厚减薄（20%～25%）t_0 制造，经试模后修准。

2）首次拉深后各次拉深凸模的圆角半径 $r_{凸}$，应取等于或小于凹模圆角半径 $r_{凹}$ 为宜。在正常情况下，建议 $r_{凸} \leqslant$（60%～85%）$r_{凹}$。

3）当拉深零件的内圆角半径 $r_{件} < 2t_0$ 时，应考虑在拉深成形后增加校形工序。

4）对于用压边圈的拉深模，前后两次拉深模的 $r_{凸}$、$r_{凹}$ 的相互关系及其过渡办法，与拉深零件尺寸及拉深模结构密切相关。

对于大、中型圆筒形拉深件，在经几次拉深最后成形前的 $n-1$ 次拉深的凸模，做成斜角。利于几次拉深成形，通常采用如图 6-35a 所示有斜角的拉深凸模与凹模，其前后两次拉深凹模的 $r_{凸}$、$r_{凹}$ 的相互关系及过渡方法如图 6-35a 所示。

有斜角的拉深凸模圆角半径 $r_{凸}$ 可以加大，取 $r_{凸} \geqslant 1.5r_{凹}$。

对于直径 $d_{件} \leqslant 100\text{mm}$ 的拉深件及有凸缘或形状复杂的拉深件，通常采用图 6-35b 所示的拉深模结构。经几次拉深成形的零件，第 $n-1$ 次拉深模及拉深坯件 d_1 的拉深模，两者 $r_{凸}$、$r_{凹}$ 的相互关系及过渡方法如图 6-35b 所示。

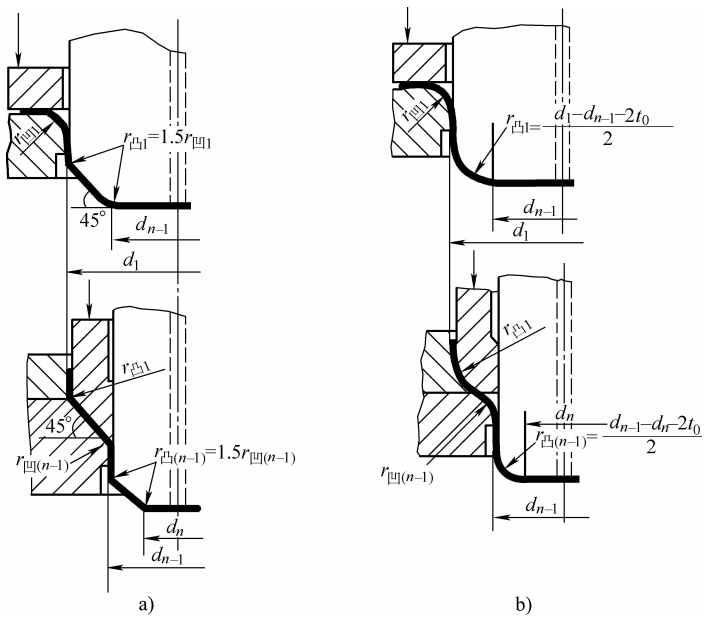


图 6-35　拉深零件最后成形前两次拉深模凸模与凹模圆角半径相互关系

a）大、中型圆筒形拉深件　b）小型圆筒形拉深件及有凸缘或形状复杂的拉深件

d_n—拉深件最后拉深直径（即经几次拉深最后成形的直径）　d_{n-1}—第 n 次拉深前一次拉深工件直径

d_1—第 $n-1$ 次拉深前一次（即第 $n-2$ 次拉深工件直径）

注：图 6-62a、b 所示上部为第 $n-2$ 次拉深；下部为第 $n-1$ 次拉深。

3. 拉深间隙

普通拉深属于不变薄拉深。尽管在拉深成形过程中，在工件的不同部位会有料厚的减薄与增厚的实际情况，但并非加工要求，通常都仍设定为不变薄拉深。因此，拉深模单边拉深间隙 C 可按下式计算：

$$C = \frac{d_{凹} - d_{凸}}{2} \tag{6-10}$$

在理想情况下，最后一次拉深成形模的拉深间隙 C 应与拉深零件的料厚 t 相等。但考虑到，拉深坯件在由平毛坯拉深成半成品过程中有料厚波动，板料厚度不准，有“同板差”，甚至厚度超差的情况，故最后一次拉深用拉深模和校形模的拉深（校形）间隙 C_0，应按下

式计算：

$$C_0 = (1 \sim 1.05)t_{max} \tag{6-11}$$

首次拉深的拉深模拉深间隙 C_1 一般都取大一些，推荐 $C_1 \geqslant 1.1t_{max}$。

首次拉深后各次拉深的拉深模间隙，要按下述两种情况分别对待：

1）不用压边圈的拉深：

$$C_n = (1.05 \sim 1.1)t_{max} \tag{6-12}$$

2）用压边圈的拉深：

$$C_n = (1.1 \sim 1.2)t_{max} \tag{6-13}$$

以上式中，$d_{凹}$ 为拉深凹模的模腔内径（mm）；$d_{凸}$ 为拉深凸模的直径（mm）；C_n 为首次拉深后各次拉深模的拉深间隙（mm）。

4. 拉深模凸模与凹模尺寸计算的提示

虽然拉深模工作零件的尺寸计算，比冲裁模刃口尺寸计算要简单得多，尤其是圆筒形拉深件拉深模。但以下几点应在计算拉深凸模及拉深凹模尺寸时，特别是在非旋转体拉深件拉深模时，应认真考虑。

1）最后一次拉深成形应严格按拉深零件要求的尺寸、形状进行设计与计算，确保工件合格。

2）经过退火、酸洗的坯件，由于材料组织经过回复与再结晶，消除了冷作硬化，可以用更小的拉深系数，减少拉深次数，复杂的拉深形状也可拉深成形。但模腔尺寸要考虑料厚减薄的因素，尤其退火氧化及酸蚀使材料减薄显著，应通过工艺试验的实测结果修准模具。

3）注意拉深件尺寸标注方式与技术要求。当标注外形时，要特别注意凹模腔尺寸的计算及给定合理的制造精度；当标注内形时，要特别注意拉深凸模尺寸的准确计算及给定合理的制造精度。

6.5　连续拉深模的结构设计

多工位连续拉深模是包括冲裁、多工步拉深的连续式复合模。较复杂的连续拉深零件，还含有翻边、压凸、压筋等多种成形作业，工位数多，结构复杂。其拉深模的结构设计要求高，难度大，具有典型性和代表性。

6.5.1　连续拉深工艺的主要优势

中小型旋转体空心件和兼有各种成形作业的、复杂形状的薄壁空心件的大批量冲制，采用带料或卷材连续拉深成形的冲压工艺，生产率高，冲压零件一致性好，互换性强，质量好，便于冲压过程的机械化与自动化，且操作安全。在现代冲压技术中，带料连续拉深技术以其显著的优越性和良好的经济效益而广受关注，并得到日益广泛的应用。

用卷材、带料连续拉深，既可以拉深旋转体空心件，也可以拉深方形、矩形及其他异形薄壁空心件；既可以拉深圆筒形、盒子形等带凸缘与不带凸缘的薄壁空心件，又可以成形附带压印、切口、翻边及压筋等成形作业的复杂拉深件。但由于带料及卷材连续拉深是用一套多工位连续模冲压成形，故对冲压零件形状及尺寸、材料性能、拉深类型及工艺切口的选择、工艺工步设置及安排等，都有一定的要求。而这些要求都与多工位连续拉深模的结构设

计密切相关，并通过用带料连续拉深一模成形，实施上述工艺要求，冲制出合格零件。因此，只有达到和满足这些要求，才能顺利实施连续拉深成形。近年来，随着国产卷材、带料品种和规格逐步增多，为该工艺的推广创造了条件。

6.5.2　带料连续拉深的基本类型

带料连续拉深有整带料（即无工艺切口）连续拉深和有工艺切口连续拉深两种基本类型。

1. 整带料连续拉深

整带料（即无工艺切口）连续拉深见图 6-36。

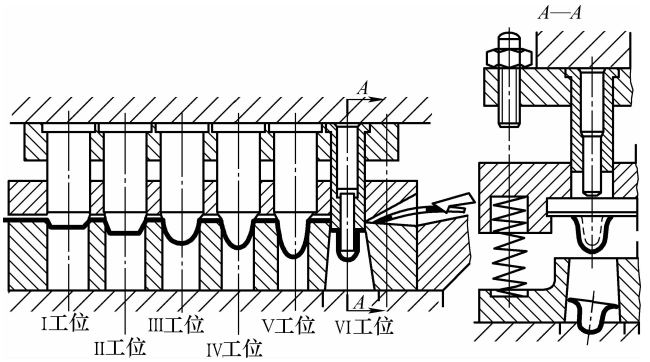


图 6-36　整带料连续拉深

通常情况下，整带料连续拉深多用于具有小凸缘或无凸缘的低圆筒形空心件或外形简单、变形量不大的异形空心件的冲制，一般冲压零件料厚不大，材料塑性好，而且冲压零件尺寸较小。

整带料连续拉深的拉深件尺寸应满足以下条件：

1）毛坯的相对厚度（即冲压零件材料厚度/毛坯直径）：$t/D_{坯} \geqslant 0.01$。

2）适宜的拉深件料厚：$t_0 = 0.2 \sim 2\text{mm}$。

3）凸缘相对直径（即凸缘直径/拉深件直径）：$d_{凸}/d \leqslant 1.5$。

4）当拉深件直径 $d_{件} \leqslant 15\text{mm}$ 时，拉深相对高度（即拉深高度/拉深件直径）：$H/d_{件} \leqslant 0.3$。

当拉深件直径 $d_{件} > 15\text{mm}$ 时，$H/d_{件} \leqslant 0.5$。

5）推荐圆筒形拉深件尺寸 $d_{件} \leqslant 30\text{mm}$。

图 6-37 所示为常用整带料连续拉深模的典型实例。图 6-37 所示实例中，$t_0 = 2\text{mm}$，$d_{件} = 25.5\text{mm}$，$d_{凸} = 43.8\text{mm}$，$h = 9\text{mm}$。采用板裁条料使用图 6-37 所示五工位连续拉深与冲裁连续模，可以获得较高的生产率与良好的冲压零件质量。

无工艺切口的整带料连续拉深缺点是：在拉深变形时，拉深毛坯周边都与带料相连，材料的充分合理流动受到牵制，故限制了材料拉深性能的充分发挥。因此，整带料无工艺切口的连续拉深，适于变形量不大、外形尺寸较小而产量很大，要求有较高生产率的拉深件。

2. 有工艺切口连续拉深

带料有工艺切口连续拉深示例见图 6-38。

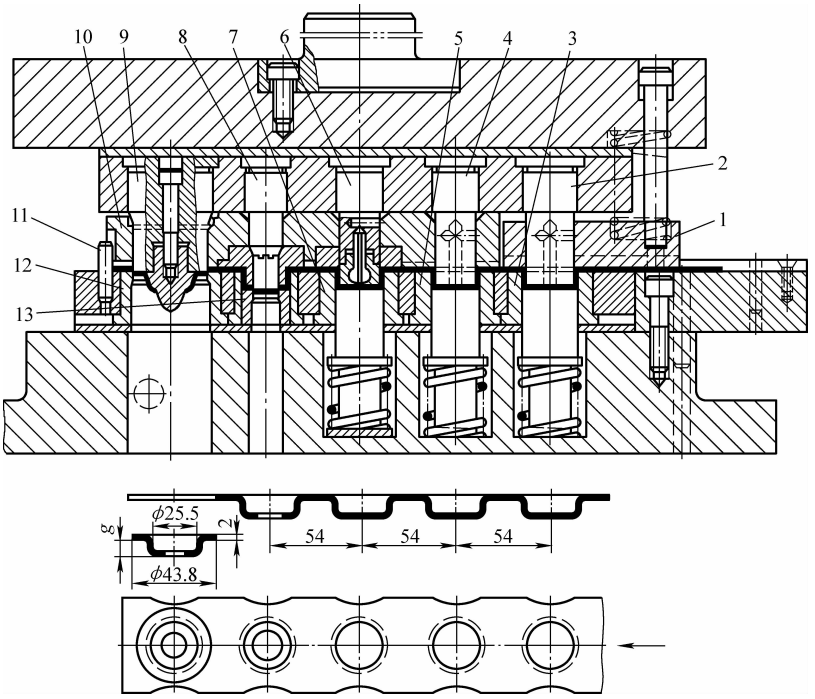


图 6-37　整带料连续拉深模典型实例

1、10—弹压卸料板　2、4、6—拉深凸模　3、5、7—拉深凹模　8—冲孔凸模
9—落料凸模　11—挡料销　12—落料凹模　13—冲孔凹模

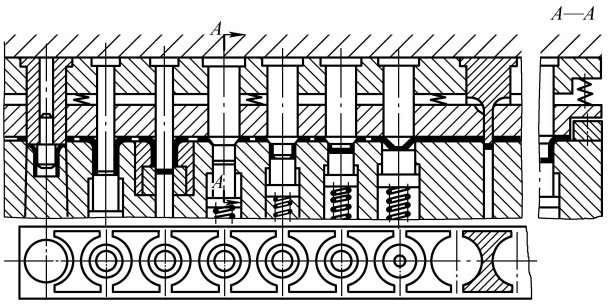


图 6-38　带料有工艺切口连续拉深示例

当拉深方形、矩形及异形带凸缘与不带凸缘的薄壁空心件时，应依据分序多模拉深成形允许的范围与尺寸界限，并本着不进行中间退火，而最大变形程度获得充分利用的原则，满足带料连续拉深的要求。

对附带有冲孔、切口、切边、切舌和冲齿等冲裁作业的连续拉深件，只考虑工位设置。对具有翻边、压筋、挤凸、沉孔、弯曲和扳边等成形作业的拉深件，要根据其在连续拉深件的冲制位置、数量和尺寸等分别进行分析。对变形量大的拉深件，需进行材料许用拉深变形程度的验算。不同种类、不同牌号的材料，其许用拉深变形程度差异甚大。通常情况下，只要附带这些工艺作业的变形量与位置、数量、尺寸适宜，都可安排在连续拉深过程中的适当工位上冲制。

图 6-39 所示为罩盖七工位有工艺切口拉深连续式复合模。该冲压零件材料为镀镍铁带，

料厚 $t=0.4$mm。该冲压零件为小尺寸、有小凸缘、矩形盒浅拉深底部带槽孔的冲压零件。工艺排样采用双半圆加直槽工艺切口，单列横置排样，共设七个工位，即切双半圆对称切口、冲直槽孔切口、空挡、1 次拉深、2 次拉深、切底长槽孔、落料。用单边侧刃对送进带料进距限位。由于侧刃切料长度等于送料进距（$S=17.4$mm），故各工位的送料精度及定位

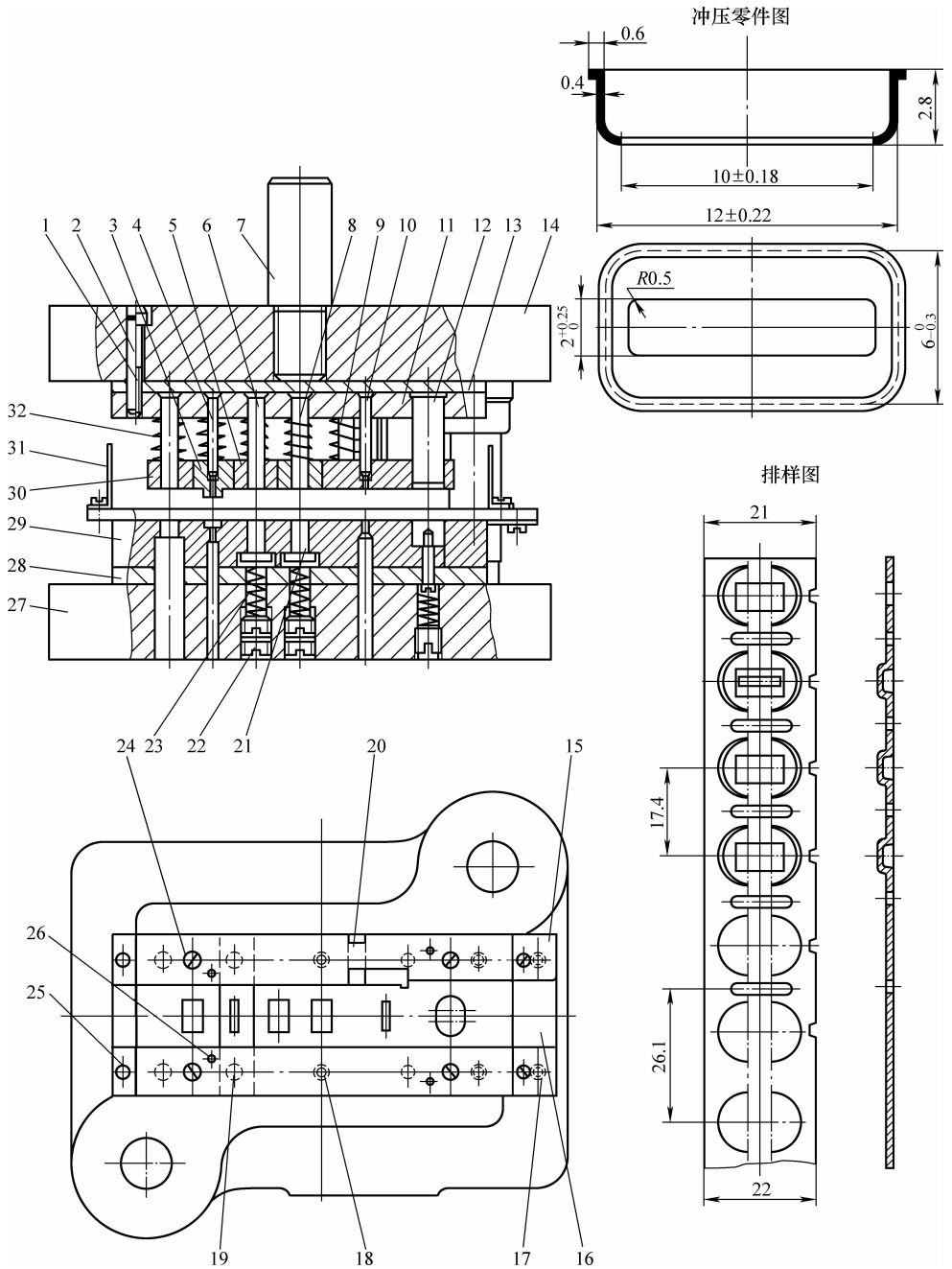


图 6-39　罩盖七工位有工艺切口拉深连续式复合模

1、17、18、24、25—螺钉　2、19、26—销钉　3—冲底孔凸模护套　4、6、8、10—冲孔与拉深凸模　5—拉深凸模护套　7—模柄　9、23、32—弹簧　11—凸模固定板　12—切半圆口凸模　13、28—垫板　14、27—上下模座　15—导料板　16—承料板　20—侧刃挡块　21—顶件器　22—螺塞　29—凹模　30—卸料板　31—防护栅

偏差，完全取决于侧刃制造精度与手工送料推送力量的均匀度。一般来讲，用侧刃比用固定挡料销加始用挡料装置定位冲压精度高，而且用侧刃不受工位数多少的限制。

有工艺切口的带料连续拉深，主要用于中小型薄壁空心件的成批量生产，生产率高，冲压件质量好。由于采用工艺切口，使拉深毛坯外缘周边绝大部分与带料分离，拉深时材料的流动可以接近单个毛坯拉深时的水平，故可以生产比整带料拉深变形程度更大一些的拉深件。推荐的主要工艺技术参数如下：

1）合适的拉深件料厚：$t_0 = 0.3 \sim 3\text{mm}$。

2）拉深件直径：$d_{件} \leqslant 60\text{mm}$。

3）拉深件高度：$h = (0.5 \sim 1.0)d_{件}$。

4）拉深件毛坯直径：$D_{坯} < 120\text{mm}$。

5）拉深件凸缘直径：$d_{凸} < 108\text{mm}$。

6.5.3　拉深工艺的选择

使用常规钢模成批或大量生产任意形状的薄壁空心件，通常可按以下条件选择拉深工艺。首先，确定可否连续拉深。

（1）圆筒形空心件的拉深　当拉深件直径 $d_{件} > 60\text{mm}$、拉深件料厚 $t_0 > 2\text{mm}$、拉深件高度 $H > 0.5d_{件}$，而拉深过程中需要退火和酸洗时，均不宜采用卷材或带料进行连续拉深；对于复杂形状的薄壁空心件，当其展开平毛坯表面积为 A_{Σ}，按公式 $D_{坯} = 1.13\sqrt{A_{\Sigma}}$ 求出的相当圆毛坯直径的 $D_{坯} > 120\text{mm}$、拉深件高度 $H > 30\text{mm}$ 时，也不宜采用连续拉深。

上述不适于连续拉深的薄壁空心件，需要采用分序多模冲压加工。对 $d_{件} > 60\text{mm}$ 的圆筒形拉深件，或相当尺寸的类圆形空心件，当空心件高度 $H \geqslant 0.5d_{件}$ 时，一般均需两次以上拉深，至少要配两套以上拉深模及一套切边模。

（2）无工艺切口的整带料连续拉深　在拉深变形时，由于毛坯周围均与带料相连成一个整体，材料的充分合理流动受到影响，制约了工件材料连续拉深性能，适于变形量不大、形状简单、外形尺寸较小，但产量很大、要求有较高生产率的拉深件。为从严控制拉深变形程度，总拉深系数 m_{Σ} 应比分序多次拉深的总拉深系数大一些。

（3）有工艺切口的带料连续拉深　该工艺主要用于中小型拉深件成批和大量生产，生产率高，质量好。采用长带料或卷材连续拉深，必须配备合适的自动送料与自动卸件装置，以利于冲压过程的机械化、自动化和安全操作。工艺切口形式很多，要依拉深件的形状与尺寸结构要素以及材料塑性等因素，视需要选择。表6-15列出了常用低碳冷轧钢板拉深工艺的选择条件。由于带料连续拉深，仅适于塑性好的非铁金属与低碳钢，例如，铜、铝及其合金，05、08、10、08F等牌号及相当塑性的低碳冷轧钢板，但这些材料的拉深性能也各有差异。

表6-15　常用低碳冷轧钢板拉深工艺的选择条件

序号	主要工艺参数	拉深工艺		
		分序单次拉深	连续拉深	
			整带料连续拉深	有工艺切口连续拉深
1	拉深件料厚 t_0/mm	<20	0.2～2	0.3～3
2	拉深件直径 $d_{件}$/mm	≤500	≤30	≤60
3	拉深件高度 H/mm	≤0.7d	（0.3～0.5）d	（0.5～1.0）d
4	拉深件毛坯直径 $D_{坯}$/mm	不限	<50	<120
5	拉深件凸缘直径 $d_{凸}$/mm	不限	<45	<108

（续）

序号	主要工艺参数	拉深工艺		
		分序单次拉深	连续拉深	
			整带料连续拉深	有工艺切口连续拉深
6	拉深件相对高度 $H/d_{件}$	≤0.7	0.3～0.5	0.5～1.0
7	拉深件相对凸缘直径 $d_{凸}/d$	2	<1.5	<1.8
8	毛坯相对料厚（$t_0/D_{坯}$）×100	>0.15～2	≥1	<1

注：适用于08F、10钢冷轧条、带、卷料。

对选定的用于大量生产的拉深材料，不仅要从供货方了解材料的拉深性能，还应通过杯突试验和拉深试验，深入了解拉深性能及连续拉深所允许的变形程度，以利获取更准确的工艺性能数据，指导工艺编制及冲模设计。

6.5.4　工艺切口的类型及其选用

在有工艺切口的带料连续拉深中，工艺切口的选择十分重要。通常要根据拉深件材料类别、形状、料厚 t_0、冲压零件尺寸大小等因素加以选择。图6-40a～n所示为带料连续拉深工艺切口的形式，以供选用。

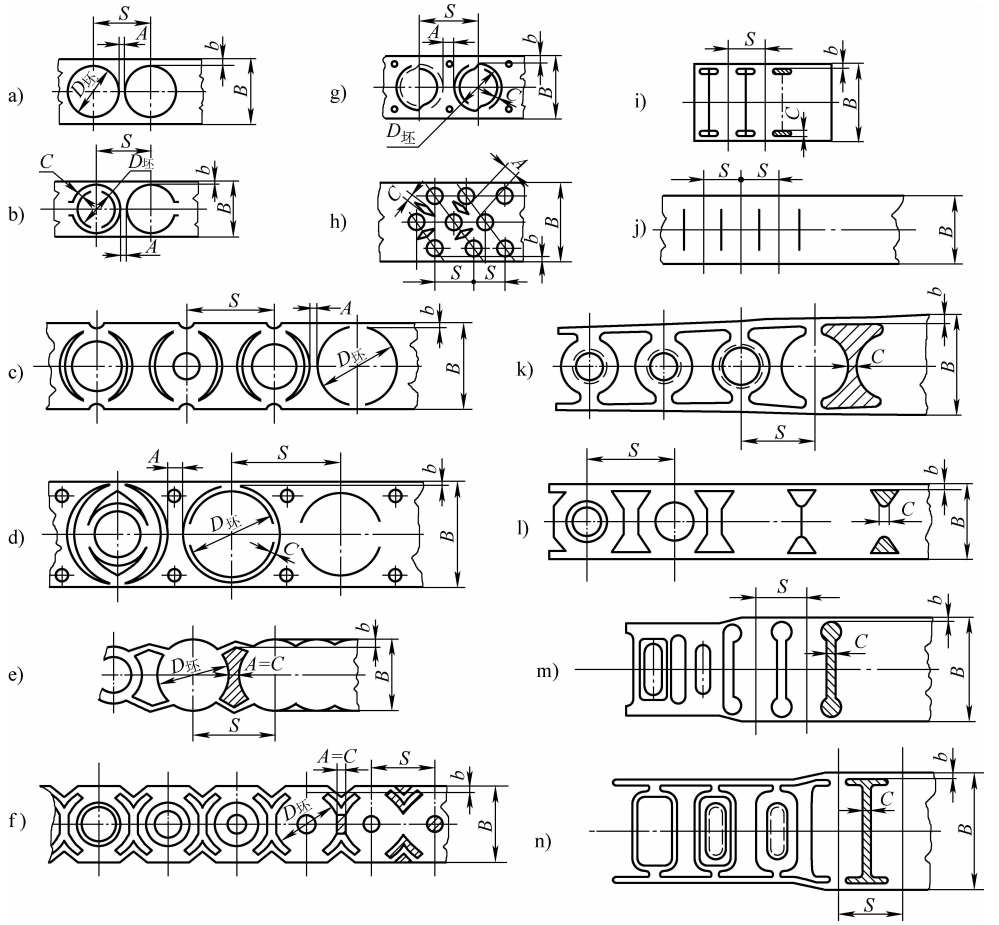


图6-40　带料连续拉深工艺切口的形式

根据带料连续拉深件的尺寸、料厚 t_0、拉深毛坯直径 $D_{坯}$ 等参数，可查表6-16，选用工艺切口的形式，并确定相关工艺参数值。

表 6-16 带料有切口连续拉深主要工艺参数确定

序号	工艺切口形式	主要工艺参数/mm					适用范围	说明
		搭边 A	沿边 b	切口宽 C	进距 S	料宽 B		
1	依毛坯直径 $D_{坯}$ 切开 （见图 6-40a）	>1.5~3.5	>1~3.5	>1~3	$D_{坯}+A$	$D_{坯}+2b$	适用 $t_0 \leqslant 1.5$mm，$d_{件}<30$mm 的浅拉深	推荐用于 $t_0 \leqslant 1$mm，$d_{件} \leqslant 20$mm，$h \leqslant 15$mm 的拉深零件
2	钩环带切口 （见图 6-40b）	>1.5~3.7	>1~3.8	>1~3	$D_{坯}+2C+A$	$D_{坯}+2C+2b$	拉深过程中，带料长宽不变，利用搭边上工艺孔定位，精度高，适用深拉深件	通常多用于 $t_0<1$mm，$d_{件}<60$mm 的深拉深件
3	对称两半圆切开 （见图 6-40c）	>1.5	>1~3.5	—	$D_{坯}+A$	$D_{坯}+2b$	适用于 $t_0<1$mm 薄料及 $d_{件}<20$mm 浅拉深零件	切开两半圆即为毛坯外廓，在上、下沿边处与带料相连
4	环带切口 （见图 6-40d）	>1.8~4	>2~4	>1.5~3	$D_{坯}+2C+A$	$D_{坯}+2C+2b$	毛坯由连接搭边与沿边的两窄带支承，用工艺孔达到更高精度	适合薄料，大直径，浅拉深，$t_0 \leqslant 1$mm，$d_{件} \leqslant 60$mm
5	弯折搭边菱形切口 （见图 6-40e）	>1.5~3	>1.5~4	A	$D_{坯}+C$	$D_{坯}+2C+2b$	用于薄料、小直径、浅拉深零件	只用于圆筒形空心拉深件
6	X形切口 （见图 6-40f）	>1.5~3.5	>2~4	A	$D_{坯}+C$	$D_{坯}+2b$	可用于 $t_0 \leqslant 1.5$mm，甚至更厚板料连续拉深，$d_{件}$ 可达 60mm	模具结构复杂，虽效果较好，但使用不广
7	参差环切口 （见图 6-40g）	>1.8~3.8	>2~4	>1~3	$D_{坯}+2C+A$	$D_{坯}+2c+2b$	用于 $t_0<1$mm，$d_{件}<15$mm 的小型浅拉深零件	模具结构复杂，刃磨修理费时，使用时不广
8	菱形切口 （见图 6-40h）	>1.5~3	>1~3.5	>1~3	$D_{坯}+A$	$1.732(D_{坯}+b)$ $D_{坯}+2b$	用于小尺寸圆形浅拉深零件，三列参差排样	模具结构复杂使用很少
9	对边切口 （见图 6-40i）	任选	>1.5~3	>1~3	见图 6-40i	$D_{坯}+2b$	使用很少	浪费料，不适用
10	一字形切口 （见图 6-40j）	任选	任意	>1~3	见图 6-40j	$D_{坯}+2b$	使用很少	效果不理想
11	工字形切口 （见图 6-40k）	1.5~3.5	>1~3	A	$D_{坯}+C$	$D_{坯}+2b$	多用于圆筒形拉深件 $t_0 \leqslant 2$mm，$d_{件}<60$mm	使用很广
12	双梯形切口 （见图 6-40l）	C	>1~3	1.5~3.5	$D_{坯}+C$	$D_{坯}+2b$	多用于圆筒形拉深件 $t_0 \leqslant 2$mm，$d_{件}<60$mm	使用较多
13	圆头直槽切口 （见图 6-40m）	C	>1~3	1.5~3	$\geqslant B_{坯}+C$	$\geqslant L_{坯}+2b$	多用于矩形浅盒形拉深件，其毛坯尺寸为长 $L_{坯}$、宽 $B_{坯}$ 或长圆形	拉深中带料被拉长、变窄
14	长工字切口 （见图 6-40n）	C	>1~3	1.5~3	$\geqslant B_{坯}+C$	$\geqslant L_{坯}+2b$	多用于矩形浅盒形拉深件，其毛坯尺寸为长 $L_{坯}$、宽 $B_{坯}$ 或长圆形	拉深中带料被拉长、变窄

6.5.5　连续拉深模结构设计的工艺要素

与单工序拉深模结构设计相比，连续拉深模及含连续拉深及成形工步的连续式复合模等，其各拉深工位也相当于单工序拉深模。两者结构设计中的主要工艺要素为：展开毛坯及实际拉深平毛坯尺寸确定、拉深系数与拉深次数确定、中间工步半成品尺寸计算、拉深间隙的确定、拉深凸模与凹模圆角半径确定等，项目相同，数值大同小异。

1. 修边余量 $b_{修}$

连续拉深零件与分序多模拉深零件一样，在计算其拉深毛坯尺寸时，也需在其展开平毛坯尺寸的基础上，加上修边余量 $b_{修}$。其值大小与其计算展开毛坯的尺寸、拉深料厚 t 有关，见表 6-17。

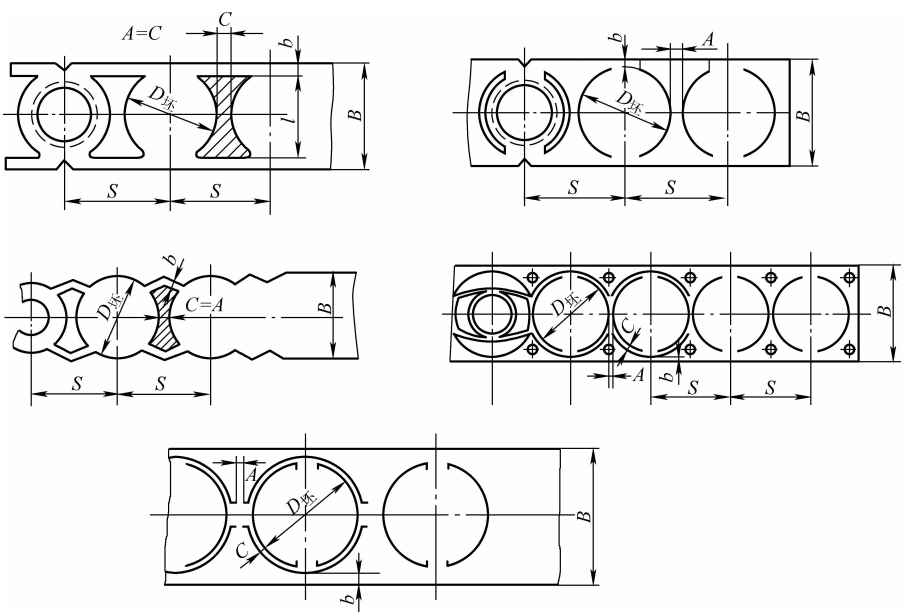
表 6-17　带料连续拉深的修边余量 $b_{修}$　　（单位：mm）

毛坯的计算直径 $D_{坯}$	带料厚度 t										
	0.2	0.3	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	2.0	2.5	3.0
≤10	1.2	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0	—	—	—	—	—
>10～30	1.2	1.2	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5	3.0	—	—	—
>30～60	1.2	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.0	3.5	4	5
>60	—	—	2.0	2.2	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5	6

2. 搭边宽度 A、沿边宽度 b 及切口宽度 C

连续拉深，特别是有工艺切口的拉深，搭边宽度 A 与沿边宽度 b 比整带料无工艺切口稍大一些，但并不显著。只是当采用多列排样和选用特殊形式的工艺切口时，才有明显区别。即便如此，相当尺寸的拉深零件，无论采用何种工艺切口，甚至整带料拉深，大都采用单列直排排样，其搭边宽度 A 与沿边宽度 b 都在一定范围内波动，均可从表 6-18 中选取。

表 6-18　连续拉深的搭边与工艺切口宽度　　（单位：mm）



（续）

拉深毛坯直径 $D_{坯}$	沿边宽度 b	搭边宽度 A	工艺切口宽度 C
≤10	1.0～1.7	1.5～2.0	1.0～1.5
>10～30	1.2～2.3	1.8～2.5	1.2～2.0
>30～60	2.3～2.8	2.3～3.0	1.5～2.5
>60	2.5～3.8	2.7～3.7	2.5～3.0

3. 总拉深系数、拉深次数及各次拉深系数

带料连续拉深无论有无工艺切口，其总的拉深系数计算方法，与带凸缘圆筒形拉深件分序多模用单工序拉深模多次拉深的计算方法相同。

总拉深系数为

$$m_{总}=\frac{d_{件}}{D_{坯}}=m_1m_2m_3m_n \tag{6-14}$$

不同带料允许的总拉深系数 $m_{总}$ 与拉深模结构有关。带料许用总拉深系数 $m_{总}$ 见表6-19。

表6-19　带料许用总拉深系数 $m_{总}$

材　料	抗拉强度 R_m/MPa	伸长率 A（%）	总拉深系数 $m_{总}$		
			拉深模不带推件装置		拉深模带推件装置
			t_0≤1.0mm	t_0>1.0～2.0mm	
08F、10钢	300～400	28～40	0.40	0.32	0.16
黄铜、纯铜（软）	300～400	28～40	0.35	0.28	0.20～0.24
软铝	80～110	22～25	0.38	0.30	0.18～0.24
不锈钢、镍带	400～550	20～40	0.42	0.36	0.26～0.32
精密合金	500～600	—	0.42	0.36	0.28～0.34

（1）整带料（无工艺切口）连续拉深　根据表6-20～表6-22所列数据，可以方便地计算出拉深次数及各次许用拉深系数，并确定出各工步坯件拉深尺寸，为连续拉深模提供结构设计依据。

表6-20　整带料（无工艺切口）首次拉深系数 m_1

相对凸缘直径 $d_{凸}/d_{件}$	毛坯相对厚度（$t_0/D_{坯}$）×100			
	0.2～0.5	>0.5～1.0	>1.0～1.5	>1.5
≤1.1	0.71	0.69	0.66	0.63
>1.1～1.3	0.68	0.66	0.64	0.61
>1.3～1.5	0.64	0.63	0.61	0.59
>1.5～1.8	0.54	0.53	0.52	0.51
>1.8～2.0	0.48	0.47	0.46	0.45

注：适用于冷轧带钢08钢、10钢。

表 6-21　整带料（无工艺切口）首次后各次拉深系数

拉深系数 m_n	毛坯相对厚度（$t_0/D_{坯}$）×100			
	0.2～0.5	>0.5～1.0	>1.0～1.5	>1.5
m_2	0.86	0.84	0.82	0.80
m_3	0.88	0.86	0.84	0.82
m_4	0.89	0.87	0.86	0.85
m_5	0.90	0.89	0.88	0.87

注：适用于冷轧带钢 08 钢、10 钢。

表 6-22　整带料（无工艺切口）首次拉深的最大相对高度 h_1/d_1

相对凸缘直径 $d_{凸}/d_{件}$	毛坯相对厚度（$t_0/D_{坯}$）×100			
	0.2～0.5	>0.5～1.0	>1.0～1.5	>1.5
≤1.1	0.36	0.39	0.42	0.45
>1.1～1.3	0.34	0.36	0.38	0.40
>1.3～1.5	0.32	0.34	0.36	0.38
>1.5～1.8	0.30	0.32	0.34	0.36
>1.8～2.0	0.28	0.30	0.32	0.35

注：适用于冷轧带钢 08 钢、10 钢。

（2）有工艺切口连续拉深　根据表 6-23～表 6-26 所列数据，可以方便地计算出带料有工艺切口连续拉深的拉深次数及各次拉深许用拉深系数，确定各拉深工步坯件尺寸，为连续拉深模提供结构设计依据。

表 6-23　有工艺切口连续拉深首次拉深系数 m_1

相对凸缘直径 $d_{凸}/d_{件}$	毛坯相对厚度（$t_0/D_{坯}$）×100				
	0.06～0.2	>0.2～0.5	>0.5～1.0	>1.0～1.5	>0.15
≤1.1	0.64	0.62	0.60	0.58	0.55
>1.1～1.3	0.60	0.59	0.58	0.56	0.53
>1.3～1.5	0.57	0.56	0.55	0.53	0.51
>1.5～1.8	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49
>1.8～2.0	0.47	0.46	0.45	0.44	0.43
>2.0～2.2	0.43	0.43	0.42	0.42	0.41
>2.2～2.5	0.38	0.38	0.38	0.38	0.37
>2.5～2.8	0.35	0.35	0.35	0.35	0.34
>2.8～3.0	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33

注：适用于冷轧带钢 08 钢、10 钢。

表 6-24　有工艺切口连续拉深首次后各次拉深系数 m_n

拉深系数 m_n	毛坯相对厚度（$t_0/D_{坯}$）×100				
	0.06～0.2	>0.2～0.5	>0.5～1.0	>1.0～1.5	>0.15
m_2	0.80	0.79	0.78	0.76	0.75
m_3	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78
m_4	0.85	0.83	0.82	0.81	0.80
m_5	0.87	0.86	0.85	0.84	0.82

注：适用于冷轧带钢08钢、10钢。

表 6-25　有工艺切口连续拉深首次拉深最大相对高度 h_1/d_1

相对凸缘直径 $d_{凸}/d_{件}$	毛坯相对厚度（$t_0/D_{坯}$）×100		
	>2	1～2	<1
1.1	0.75～0.60	0.65～0.50	0.60～0.48
1.5	0.60～0.48	0.52～0.40	0.48～0.38
2.0	0.45～0.38	0.40～0.32	0.34～0.23
2.5	0.32～0.26	0.30～0.24	0.26～0.20

注：适用于冷轧带钢08钢、10钢。

表 6-26　有工艺切口连续拉深各次拉深系数推荐值

材料	拉深次数					
	1	2	3	4	5	6
	拉深系数 m_n					
黄铜（软）	0.63	0.76	0.78	0.80	0.82	0.85
软钢、铝	0.67	0.78	0.80	0.82	0.85	0.90

6.5.6　连续拉深模典型结构

这类连续拉深模的结构类型很多。图6-27～图6-30所示多套连续拉深和连续拉深兼成形的多工位连续式复合模，都是较实用而又典型的结构形式。

图6-41所示为仪表机芯底座十二工位连续复合模。从图6-41所示冲压零件图可以看出，该冲压零件的工艺难点在于中心高度为3.5～3.7mm的3.2mm×3.2mm方筒凸缘的拉深和成形。工艺设计的总体思路可以从排样图看出：选用带有工艺切口的连续拉深—成形—冲孔—落料工艺。考虑该冲压零件的形状和拉深成形凸缘的位置、料厚及材料允许的拉深变形程度，在送料进距处直线切开而不用切口，以确保带料携带工件送进至各工位时，带料连接搭边强度足够，刚度好，不断裂，不扭曲变形，材料消耗最少。进距用直线切开后，首先拉深出 ϕ5.6mm圆筒，为增加圆筒高度，依次将直径缩小至 ϕ4.8mm、ϕ4.1mm和 ϕ3.5mm，再将该圆筒挤压成3.15mm×3.15mm的方筒，接着切底校形成3.2mm×3.2mm的方筒，再冲出

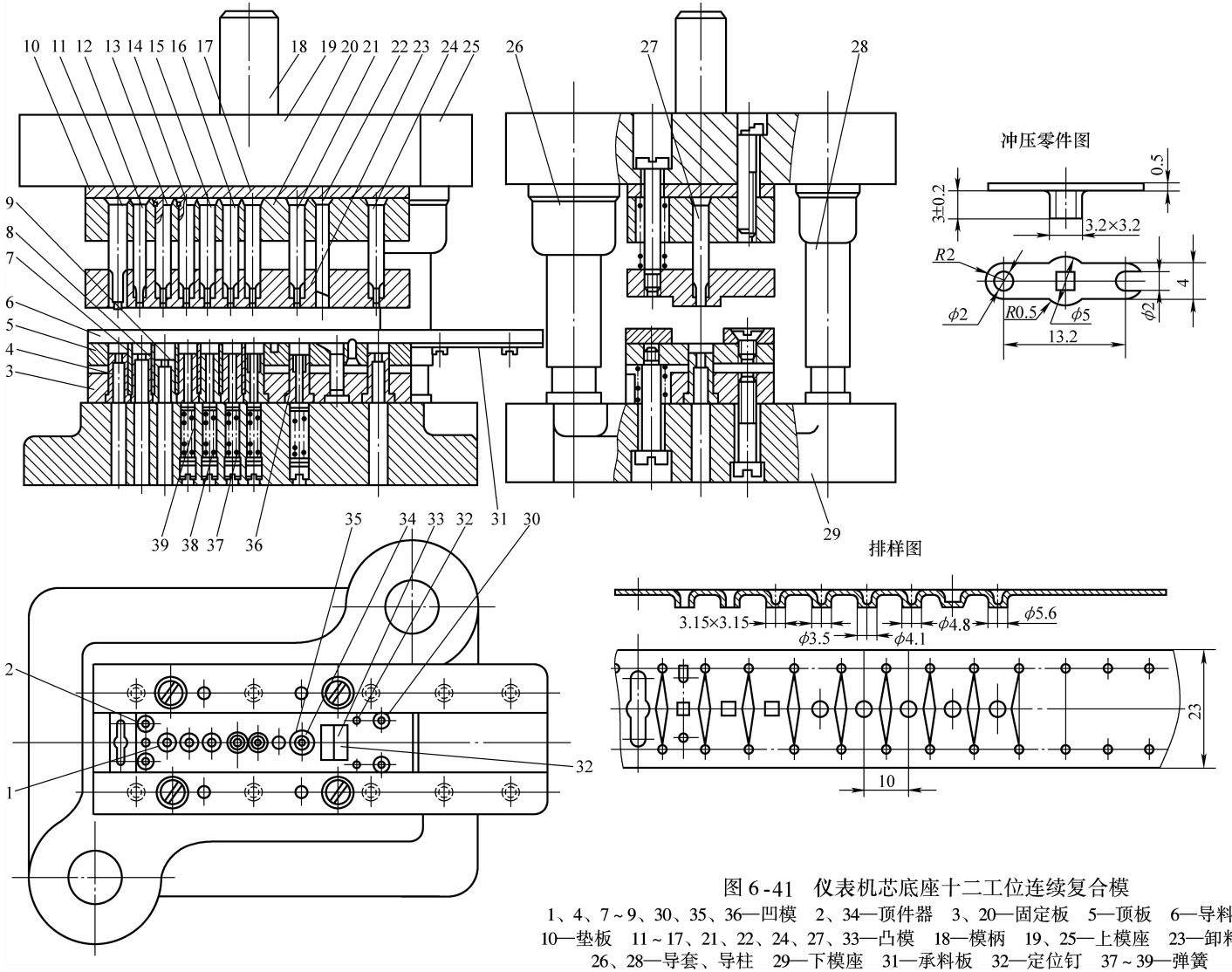


图 6-41　仪表机芯底座十二工位连续复合模

1、4、7～9、30、35、36—凹模　2、34—顶件器　3、20—固定板　5—顶板　6—导料板
10—垫板　11～17、21、22、24、27、33—凸模　18—模柄　19、25—上模座　23—卸料板
26、28—导套、导柱　29—下模座　31—承料板　32—定位钉　37～39—弹簧

工件两端的孔，在最后一工位落料。

该冲模结构特点如下：

1）采用弹压卸料板，在带料连续拉深中将带料压紧在拉深凹模表面，防止材料起皱。同时，材料又可从凸模上方便卸下。

2）设计了浮动式导料槽，不仅使带料送进时在凹模表面高度以上顺畅进行，同时，还确保了材料及工件能从凹模中方便地卸出。

3）凹模按工位采用镶拼组合结构，便于制造和修理。

6.6　拉深模结构设计的若干提示

越来越多的各类机电、家电及日用工业品的新产品投入生产，金属薄板薄壁空心拉深件形状越来越复杂，品种日益增多，产量大幅增加，拉深工艺编制及拉深模设计，难度也越来越大。下面介绍在拉深模结构设计方面应注意的一些事项。

6.6.1　压边力的准确计算与合理调整

压边圈亦称防皱圈，对于拉深件，尤其非旋转体复杂形状拉深件在拉深过程中防止起皱、提高质量十分关键。在拉深模的结构设计中，要保证有足够的压边面积，才能在设定单位压边力的情况下，在一定可调范围内达到更合适的压边力，收到更佳的压边效果。

各种情况下压边力的计算见表6-27。

表6-27　各种情况下压边力计算

拉深情况	公　式
拉深任何形状的工件	$F_{边}=Ap$
圆筒形件第一次拉深	$F_{边}=\frac{\pi}{4}[D^2-(d_1+2r_{凹})^2]p$
圆筒形以后各次拉深	$F_{边}=\frac{\pi}{4}[d_{n-1}^2-(d_n+2r_{凹})^2]p$

注：$F_{边}$—压边力（N）；A—在压边圈下的毛坯投影面积（mm^2）；p—单位压边力（MPa），其值见表6-28和表6-29；D—平板毛坯直径（mm）；d_1、…、d_n—第1、…、n次拉深后工件直径（mm）；$r_{凹}$—拉深凹模圆角半径（mm）。

当拉深模的结构确定后，在压边圈下的毛坯投影面积（mm^2）是不变的，而压边力大小取决于单位压边力p。多数单位压边力可在一定范围内调整，以适应不同的拉深材料。

表6-28　单动压力机上拉深的单位压边力　（单位：MPa）

材料名称			单位压边力	材料名称	单位压边力
铝			0.8～1.2	镀锡钢板	2.5～3.0
纯铜、硬铝（已退火）			1.2～1.8	高合金钢、高锰钢、不锈钢	3.0～4.5
软钢①	$t\leqslant0.5$mm	2.5～3.0		黄铜	1.5～2.0
	$t>0.5$mm	2.0～2.5		高温合金（软化状态）	2.8～3.5

① 软钢指碳的质量分数为0.20%～0.30%的钢。

表6-29　双动压力机上拉深的单位压边力　（单位：MPa）

工作复杂程序	难加工件	普通加工件	易加工件
单位压边力	3.7	3.0	2.5

6.6.2　各种类型拉深件毛坯形状和毛坯尺寸确定方法（见表 6-30）

表 6-30　拉深件毛坯形状和毛坯尺寸确定方法

拉深件类别		拉深件的基本形状	展开平毛坯外形		展开平坯尺寸	
			准确形状	确定方法	精准尺寸	确定方法
一、不变薄拉深						
旋转体拉深件	平口平底类	圆筒形拉深件 台阶式圆筒形拉深件 曲线形的旋转体拉深件 截锥形的旋转体深件 侧壁旁凸的旋转体拉深件	圆形	轴对称，围绕同一轴心展开	考虑修边余量在内的毛坯直径 D	依拉深件与其毛坯表面积相等的原则，用计算法分析作图法或作图法求出毛坯直径 D 计算公式见表 6-2、表 6-5、表 6-6
	有凸缘平底类	有凸缘平底圆筒形拉深件 有凸缘平底台阶式圆筒形拉深件 有凸缘平底曲线形旋转体拉深件 有凸缘平底截锥形旋转体拉深件 有凸缘平底侧壁旁凸旋转体拉深件	圆形	轴对称，围绕同一轴心展开	考虑凸缘切边及非圆凸缘切边成形用料在内的毛坯直径 D	用等面积计算法确定包括凸缘切边及其切边成形用料在内的毛坯直径 D 计算公式见表 6-2、表 6-5、表 6-6
	有凸缘非平底类	有凸缘非平底面筒形拉深件 有凸缘非平底台阶式圆筒形拉深件 有凸缘非平底曲线形旋转体拉深件 有凸缘非平底截锥形旋转体拉深件 有凸缘非平底侧壁旁凸旋转体深件	圆形	轴对称，围绕同一轴心展开	考虑凸缘切边及其切边成形用料及底部成形用料的毛坯直径 D	依等面积法计算，底部成形料厚变化大，可用等体积法或等质量法求毛坯直径 D，计算公式见表 6-2、表 6-5、表 6-6

（续）

拉深件类别		拉深件的基本形状	展开平毛坯外形		展开平坯尺寸	
			准确形状	确定方法	精准尺寸	确定方法
盒子形拉深件	平口平底类	方形、矩形盒子拉深件	大圆角方形、矩形	计算并作图修正；滑移线法	考虑修边余量经计算并作图修正的毛坯，其准确尺寸必须在制成拉深模后进行试冲，修准后确定	用等面积法计算并作图修正。初步确定毛坯形状与尺寸，经试冲检测后最终敲定，计算公式见表6-2、表6-5、表6-6
		长圆、椭圆形拉深件	椭圆、似圆、圆形	计算并作图展开；滑移线法		
		多边形盒子拉深件	与拉深件截面形状类似	作图展开；转角圆滑过渡		
		曲线形盒子拉深件	类似拉深件形状	作图展开；滑移线法		
		复杂形状盒子拉深件	类似或接近拉深件形状	作图展开；转角圆滑过渡		
	有凸缘平底类	有凸缘平底方形、矩形盒子拉深件	大圆角方形、矩形、似圆形、圆形	计算并作图修正；滑移线法	计算并作图修正，经试冲	计算后作图修正，试冲修准
		有凸缘平底长圆、椭圆形拉深件	长圆、似圆、圆形	计算并作图修准	考虑切边量的毛坯尺寸	计算后作图修正，试冲修准
		有凸缘平底多边形盒子拉深件	与拉深件形相近，试冲后修准	作图展开；并经试冲修准	用拉深模试冲，修准后敲定	作用展开，并经匹配模具试冲后修准
		有凸缘平底曲线形盒子拉深件				
		有凸缘平底复杂形状盒子拉深件				
	有凸缘非平底类	有凸缘非平底方形、矩形盒子拉深件	大圆角方形、矩形、似圆形	依等面积法计算后辅助作圆修正	用拉深模试冲修准后敲定	作图展开，并经修正后毛坯再经试冲后敲定
		有凸缘非平底长圆、椭圆形拉深件	长圆、似圆、圆形			
		有凸缘非平底多边形盒子拉深件	与拉深件形相近，试冲后修准	作图展开，经试冲后修准		
		有凸缘非平底曲线形盒子拉深件				
		有凸缘非平底复杂形状盒子拉深件				

（续）

拉深件类别		拉深件的基本形状	展开平毛坯外形		展开平坯尺寸	
			准确形状	确定方法	精准尺寸	确定方法
大型复杂形状的拉深件（汽车覆盖件）	对称于一个平面的汽车覆盖件	发动机罩	展开作图和计算综合利用获取毛坯，再经试冲修准，也可利用计算机仿真模拟获得准确形状，但最终要经试冲敲定	作图展开或用计算机模拟出图，最终试冲敲定	拉深模试模拉深最终修准敲定的毛坯尺寸	拉深件拉深成形的模具制成后，再用作图与计算所得毛坯经试冲修准尺寸
		水箱罩				
		行李箱罩				
	不对称的汽车覆盖件	车门内外板				
		翼子板				
		侧围板				
	带凸缘的汽车覆盖件	车门				
二、变薄拉深						
旋转体变薄拉深件（弹壳、套管等专用件）		圆形杯状			计算经试冲确定	计算毛坯试冲修准
非旋转变薄拉深件（大多可用冷挤、温挤或热挤压加工）		非圆空心拉深件	与拉深件外形相近、相似	作图展开后修准	仿照图 6-43 作图法作图后试冲修准	用设定毛坯试冲、修准

旋转体拉深件的毛坯均为圆形。图 6-42 所示为旋转体拉深件的基本类型，其展开平毛坯无一例外，均为圆形。

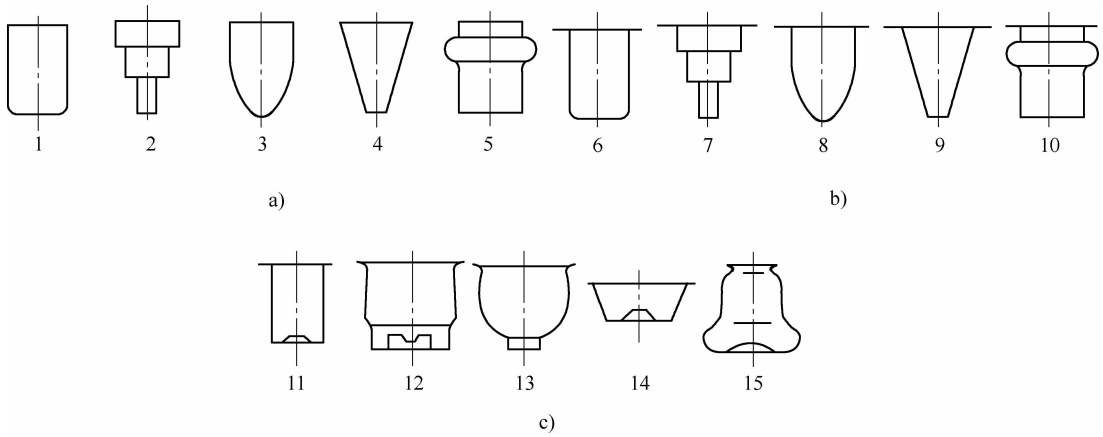


图 6-42　旋转体拉深件的基本类型

a）Ⅰ类　b）Ⅱ类　c）Ⅲ类

注：1. 视各图的中心线为旋转体拉深件母线的旋转轴，垂直于水平面。

2. 旋转轴半边的轮廓线即为母线，当母线围绕旋转轴顺时针或逆时针转动一周获得的图形，即旋转体空心拉深件。

金属板塑性变形时材料的流动方向可用网络（坐标网格）线表示。这些材料流动特征线也称滑移线，可准确表明板料拉深成形过程中材料流动转移的途径与数量，为绘制精准的拉深毛坯图提供了可靠依据。正方形盒子拉深件合理毛坯形状见图 6-43。

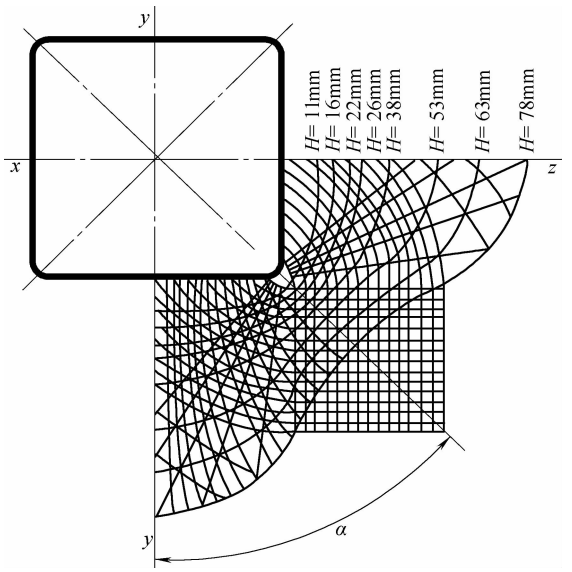


图 6-43　正方形盒子拉深件合理毛坯形状

从图 6-43 可以看出，不同高度正方形工件的滑移线及该工件的合理毛坯周边形状。从毛坯周边形状来看，拉深件的高度不同，其毛坯展开周边形状也不同。拉深件直壁部分毛坯展开尺寸最大，转角部分展开尺寸最小。因为毛坯在拉深过程中金属的塑性变形是按主拉伸应力方向流动的。在 α 区域内，任何位置的主拉伸应力可分解成两部分应力：一部分应力平行于 y—y，另一部分应力垂直于 y—y。工件直壁部分毛坯在拉深过程中，金属的塑性变形是沿着转角方向移动的。因此，任何非旋转体拉深件的直壁部分毛坯展开尺寸都大于转角部分毛坯展开尺寸，而直壁部分周长越长，展开尺寸也越大。转角尺寸越小，其直壁与转角展开尺寸之差也就越大。

6.6.3　加整形工序获得高精度拉深件

外装表壳、操纵盘、家用仪表等外罩及壳体拉深件，要求有一定装饰效果，其安装与连接及嵌装尺寸有一定配合要求，故拉深件尺寸与几何精度要求较高。为提高拉深件质量，消除拉深后因回弹而使拉深件变形，可在最后工序基础上，加一道整形工序，可使拉深件尺寸与几何精度进一步提高，拉深件角部和转角处圆角半径进一步缩小，使拉深件外壳棱角分明，装饰效果得以提升。

6.6.4　拉深凸模要给出透（泄）气孔

拉深时，展开平毛坯在变形过程中，总是紧紧地包在拉深凸模上。从平板拉深成垂直筒壁，拉深凸模端面与毛坯相应表面之间会形成一个密封空间，其间空气随拉深凸模下行拉深，该密封空间变小，空间空气浓度提高，压力加大。若无透气孔将空气排出，气压进一步加大，除增大拉深力外，还使拉深件底部变形，甚至损坏模具。拉深凸模透气孔尺寸按凸模直径 $d_{凸}$ 尺寸确定，一般取 $d=\phi5\sim\phi8\text{mm}$。当 $d_{凸}=50\text{mm}$，取透气孔 $d=\phi5\text{mm}$；当 $d_{凸}>50\sim100\text{mm}$，取 $d=\phi6.5\text{mm}$；当 $d_{凸}>100\sim200\text{mm}$，取 $d=\phi8\text{mm}$，而当 $d_{凸}>200\text{mm}$ 时，取 $d=\phi9.5\text{mm}$。透气孔的位置宜选在拉深凸模端面中心位置，在大于拉深件高度的凸模侧边横向打透气孔。

第 7 章　翻边模的结构设计

在板料冲压的众多成形工艺作业中，翻边及属于翻边作业的种类较多，应用也比拉深、弯曲之外的其他成形作业，如卷圆、卷边、扭曲、缩口、扩口、起伏、胀形、校平、压印等广泛得多。翻边工艺也是板料冲压工艺中主要的成形工艺之一。

翻边工艺有综合拉深与弯曲成形的一些特点，其模具结构也汇总了拉深模和弯曲模一些结构特征。但翻边成形的种类与方式较多，其成形过程及其模具结构设计仍与拉深模与弯曲模有别。

7.1　翻边工艺的类型及特点

7.1.1　翻边工艺的类型

在平板毛坯上，拉深出空心、无底圆筒形凸缘的翻边成形工艺也称内缘翻边或翻孔。实际上称为翻边较为通俗、科学，业界同行多数也都这样称呼。

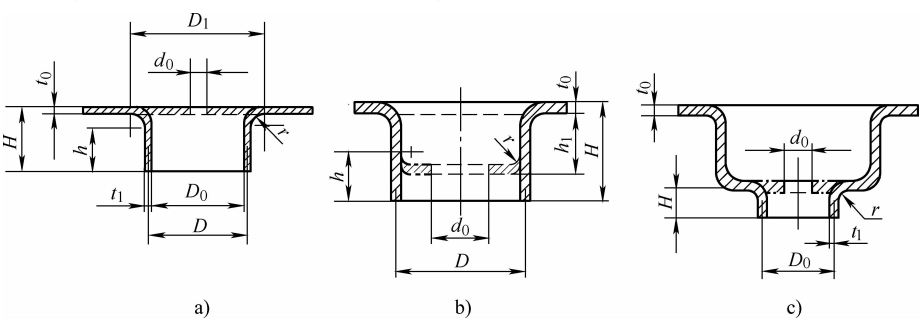
在平板外缘凸出或凹入圆弧边上弯曲，称为凸缘的扳边成形工艺，也称外缘翻边。实际上称为扳边较为合理、科学，但业界同行多称之为外缘翻边。

翻边与扳边工艺是应用广泛的成形方法，特别是翻边加工，可以说是众多成形工艺中，使用最多、最广的成形工艺之一。

翻边有无预冲孔（即穿刺）翻边、有预冲孔翻边、拉深后冲孔翻边，以及翻边拉深成形多种加工方法，见图 7-1。用这些工艺加工出各式各样的机电与家电用轻型高强度结构零件，可达到节省材料、减少制造工序、减轻产品质量的目的。

7.1.2　翻边工艺的特点

翻边工艺是通过对平板料的拉深与弯曲的综合作业，获得竖直的凸缘。坯料在模具作用下沿切向伸长，而当外凹扳边时沿切向压缩，只有轴向出现拉深并弯曲的形状。



a)　　b)　　c)

图 7-1　翻边与扳边工艺类型

a）有预冲孔翻边　b）拉深件底部冲孔翻边　c）拉深件底边局部预冲孔翻边

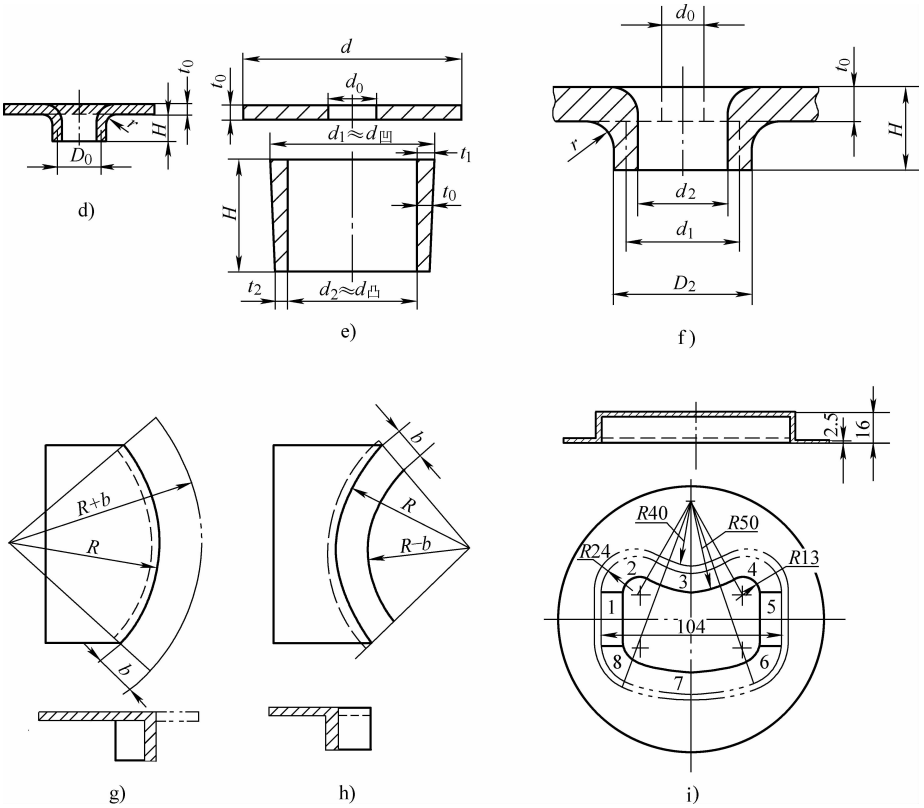


图 7-1　翻边与扳边工艺类型（续）

d）无预冲孔翻边（亦称穿刺翻边）　e）翻边拉深

f）有预冲孔变薄翻边　g）外凸扳边　h）内凹扳边　i）非圆孔翻边

翻边及翻边拉深工艺主要有以下特点：

1）采用圆环形平毛坯，通过翻边拉深复合冲压，获取圆管形零件。

2）用冷挤压（即体积冲压）的方法，获得高强度螺纹底孔。

3）在薄板上通过翻边，冲制深度大于料厚的螺纹底孔，已广泛用于仪表、电信、开关电器、家电等产品结构零件的加工中，以减轻零件质量，节省材料。

4）用翻边、扳边加工获得的竖立凸缘，取代零件连接的接座、法兰、管接头。

7.2　翻边模结构设计的工艺要素

用普通全钢冲模，在平板毛坯上进行内孔翻边或外缘翻边，由于受多种因素的制约，主要是翻边材料的种类、性能、供应状态及其塑性和许用翻边的变形程度、翻边模的结构及其相关技术参数的合理性等，欲增加翻边高度则比较困难。于是，先拉深到设定高度，而后在其底部翻边，获取更高凸缘的拉深翻边组合冲压工艺，得到了扩展应用；翻边后继续拉深，用有预冲孔翻边用平毛坯，直接在一个工位上复合冲制出无缝短管形零件，是翻边成形工艺新拓展的翻边拉深复合冲压新技术；用冷挤法直接在薄板上冷挤压出深度大于料厚的小螺纹底孔，则是翻边工艺进一步发展应用的实例。上述翻边工艺及其新技术，都要靠结构不同的冲模实施，而这些冲模的设计依据则是相关的工艺要素及其技术参数。

圆孔翻边的变形特点是，坯料受切向与径向拉伸，翻边所得竖立凸缘的口部，即预冲孔的边缘变形最大。若翻边变形程度超过材料的承受能力，凸缘口部就会出现拉裂而使工件报废。

7.2.1　翻边系数

圆孔翻边的变形程度可按下式计算：

$$K_0 = \frac{d_0}{D} \tag{7-1}$$

式中，K_0 为翻边系数，圆孔翻边所得竖立凸缘口部濒临破裂时的翻边系数用 K_{min} 表示，称之为最小翻边系数，常用冲压金属材料的 K_0、K_{min} 值查表 7-1 可得；d_0 为毛坯翻边前预冲孔直径（mm）；D 为翻边后凸缘口部的平均直径（mm）。

表 7-1　常用冲压金属材料的翻边系数 K_0 及 K_{min}

低碳钢的最小翻边系数 K_{min}

翻边凸模形状	预翻孔加工方法	预翻孔相对直径 d_0/t_0										
		100	50	35	20	15	10	8	6.5	5	3	1
球面凸模	钻孔后去毛刺	0.70	0.60	0.52	0.45	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30	0.25	0.20
	冲孔	0.75	0.65	0.57	0.52	0.48	0.45	0.44	0.43	0.42	0.42	—
圆柱形凸模	钻孔后去毛刺	0.80	0.70	0.60	0.50	0.45	0.42	0.40	0.37	0.35	0.30	0.25
	冲孔	0.85	0.75	0.65	0.60	0.55	0.52	0.50	0.50	0.48	0.47	—

各种材料的翻边系数 K_0

翻边材料（退火）	翻边系数	
	K_0	K_{min}
镀锌钢板	0.70	0.65
软钢（t = 0.25 ~ 2mm）	0.72	0.68
软钢（t = 3 ~ 6mm）	0.78	0.75
黄铜 H62（t = 0.5 ~ 6mm）	0.68	0.62
铝（t = 0.5 ~ 5mm）	0.70	0.64
硬铝	0.89	0.80
钛合金 TA1（冷态）	0.64 ~ 0.68	0.55
钛合金 TA1（加热,300 ~ 400℃）	0.45 ~ 0.50	0.40
钛合金 TA5（冷态）	0.85 ~ 0.90	0.75
钛合金 TA5（加热,500 ~ 600℃）	0.70 ~ 0.75	0.65
不锈钢、高温合金	0.65 ~ 0.69	0.57 ~ 0.61

注：1. 采用低碳钢的 K_{min}，翻边凸缘口部会出现不大的裂口。如不允许，将其加大 10% ~ 15%。

2. 其他材料翻边时，如允许翻边凸缘口部有不大裂口，可用 K_{min} 值。

K_0、K_{min} 值的大小取决于冲压材料的塑性、预冲孔质量、预冲孔相对直径 d_0/t_0、翻边凸模的形状等因素。K_0 值越大，变形程度越小。同样材料，由于上述诸因素的变化，K_{min} 值则在一定范围内波动。如低碳钢的最小翻边系数 K_{min} 值，用球面翻边凸模采用钻孔并除毛刺获取预冲孔，比用圆柱形翻边凸模和冲制预冲孔翻边可降低 8% ~ 10%。

外缘扳边的变形程度 E 值是用百分比表示的。常用冲压金属材料的外凸轮廓扳边变形程度 E_T 和内凹轮廓扳边变形程度 E_0 值，均可从表7-2中查到。对于垂直于平面的扳边外凸 E_T 值（见图7-1g）、内凹 E_0 值（见图7-1h）可按下式计算：

表7-2　各种材料扳边许用变形程度

扳边材料名称及牌号		外凸扳边变形程度 E_T（%）		内凹扳边变形程度 E_0（%）	
		橡胶成形	钢模成形	橡胶成形	钢模成形
铝	1035（退火）	25	30	6	40
	1035（3/4硬）	5	8	3	12
铝合金	3A21（退火）	23	30	6	40
	3A21（3/4硬）	5	8	3	12
	5A02（退火）	20	25	6	35
	5A02（3/4硬）	5	8	3	12
	2A12（退火）	14	20	6	30
	2A12（硬）	6	8	0.5	9
	2A11（退火）	14	20	4	30
	2A11（硬）	5	6	—	—
黄铜	H62（软）	30	40	8	45
	H62（半硬）	10	14	4	16
	H68（软）	35	45	8	55
	H68（半硬）	10	14	4	16
钢	10	—	38	—	10
	20	—	22	—	10
	12Cr18Ni9（软）	—	15	—	10
	12Cr18Ni9（硬）	—	40	—	10
	17Cr18Ni9	—	40	—	10

$$E_T = \frac{b}{R+b} \times 100\% \tag{7-2}$$

$$E_0 = \frac{b}{R-b} \times 100\% \tag{7-3}$$

式中，R 为扳边后竖立凸缘的平面外凸或内凹的圆弧半径（mm）；b 为扳边凸缘的高度（mm）。

对于倾斜于平面的外凸 E_T 值、内凹 E_0 值应按下式计算：

$$E'_T = \frac{b(1-\cos\alpha)}{R'+b} \times 100\% \tag{7-4}$$

$$E'_0 = \frac{b(1-\cos\alpha)}{R'-b} \times 100\% \tag{7-5}$$

式中，α 为扳边凸缘的扳边斜度（°）；R' 为扳边工件的平面半径（mm）。当 $\alpha < 90°$ 时，$R' < R$；当 $\alpha = 90°$ 时，$R' = R$；当 $\alpha > 90°$ 时，$R' > R$。

7.2.2　翻边类型及翻边工艺的确定

1. 根据翻边系数计算最大翻边高度并确定翻边类型

依照翻边零件给定材料查表 7-1，可得翻边系数 K_0、K_{min}值。

推荐按式（7-6）、式（7-7），根据翻边零件图样给出的相关尺寸，计算一次翻边高度 H 和最大高度 H_{max}。

$$H=\frac{D}{2}(1-K_0)+0.43r+0.72t_0 \tag{7-6}$$

$$H_{max}=\frac{D}{2}(1-K_{min})+0.43r+0.72t_0 \tag{7-7}$$

以上二式相关符号意义见图 7-1。

根据计算结果，可以初步选定图 7-1a～c 所示其中一种类型。图 7-1b、c 所示两种结构形式都可获得比图 7-1a 所示结构形式更大的凸缘高度，可视零件需要选定。

当计算结果只能用 H_{max}，甚至还要更高一些才能满足要求时，采用图 7-1b 或图 7-1c 所示结构形式会使 H 大很多，可采用变薄翻边或加热翻边。采用图 7-1f 所示变薄翻边可获得高精度翻边孔径。

2. 穿刺翻边与穿孔翻边的应用

通常翻边都采用预冲孔翻边，故有人称其为翻孔。对于薄料、小尺寸的翻边加工，也可采用无预冲孔翻边。

无预冲孔翻边有以下两种工艺：

（1）穿刺翻边　用 30°～120°尖顶翻边凸模，直接刺穿薄板并翻边成形，俗称穿刺翻边。该工艺适用于 $t_0\leqslant 1.5$mm、翻边凸缘直径 $D_0<12$mm 的薄板翻边。

（2）穿孔翻边　用带冲孔凸模头的翻边凸模，使冲孔与翻边两凸模组合在一个凸模上，可在凸模接触板料先冲孔后穿孔翻边。该工艺适用于 $t_0\leqslant 3$mm、翻边凸模 $D_0<12$mm 的板料翻边。

3. 拉深件底部冲孔翻边

为了获得更高的圆筒凸缘，可采用图 7-1b 所示翻边工艺，即先将平板毛坯拉深到设定高度 h_1，而后在其底部预冲孔翻边。其翻边高度 h 可按下式计算：

$$h=\frac{D}{2}(1-K_0)+0.57\left(r+\frac{t_0}{2}\right) \tag{7-8}$$

其预冲孔直径 d_0 可按下式计算：

$$d_0=K_0D \tag{7-9}$$

或

$$d_0=D+1.14\left(r+\frac{t}{2}\right)-2h \tag{7-10}$$

拉深高度为

$$h_1=H-h+r \tag{7-11}$$

4. 异形孔翻边

复杂形状的非规则、任意孔形的异形孔翻边，其不同部位的应力应变各不相同，变形性质不同于或不完全同于圆孔翻边。相邻部位应力应变有别，会相互牵制与消减，往往有利于翻边加工。如图 7-1i 所示实例，其 2、4、6、8 等外凸圆角与圆弧部分都属于圆孔翻边；直

边的 1、5 部分则属于弯曲，显然对其毗邻的 2、8、6、4 各部分翻边成形有利。因此，对异形孔翻边系数，可取同样材料圆孔翻边系数的 85% ~90% 进行工艺计算。

7.2.3　圆孔翻边的工艺参数

根据翻边零件图样计算所需预冲孔直径 d_0，并依据工件材料、料厚 t_0 及其翻边系数 K_0、$K_{\min}$，计算出一次翻边可能达到的翻边高度 H，看能否满足工件图样要求，是否要采取其他措施加长 H 值或调整 K_0 值，d_0、H 可按下式计算：

$$d_0 = D - 2(H - 0.43r - 0.72t_0) \tag{7-12}$$

$$H = \frac{D}{2}\left(1 - \frac{d_0}{D}\right) + 0.43r + 0.72t_0 \tag{7-13}$$

式中，r 为翻边凸缘孔外侧与平面间的圆角半径（mm），见图 7-1a。

举例，如图 7-2 所示冲压零件，已知翻边凸缘内径 $D_0 = 63^{+0.2}_{0}\text{mm}$，则翻边凸缘的平均直径 $D = D_0 + t_0 = 63\text{mm} + 1.5\text{mm} = 64.5\text{mm}$。将 $t_0 = 1.5\text{mm}$，$r = 1.5\text{mm}$ 代入式（7-12），则 d_0 为

$$d_0 = 64.5\text{mm} - 2 \times （10^{+2}_{0} - 0.43 \times 1.5 - 0.72 \times 1.5）\ \text{mm} \approx 46\text{mm}$$

计算中按图样标注 $H = 10^{+2}_{0}\text{mm}$，取 $H = 11\text{mm}$。

根据 d_0 值和已知 D、t_0、r 值代入式（7-13），则可得

$$H = \frac{64.5}{2} \times \left(1 - \frac{46}{64.5}\right)\text{mm} + 0.43 \times 1.5\text{mm} + 0.72 \times 1.5\text{mm} = 10.98\text{mm}$$

计算结果表明，一次翻边可以满足要求，设计出如图 7-2 所示冲孔、落料、翻边综合式复合模。

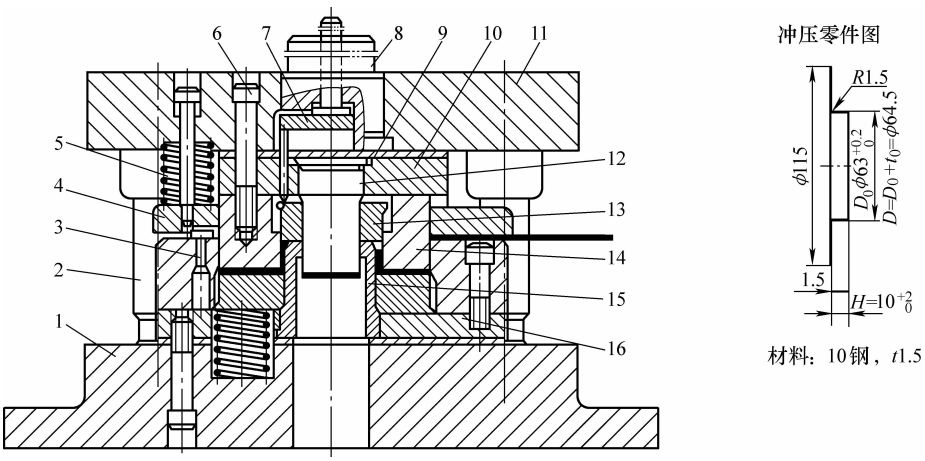


图 7-2　翻边模的典型结构实例

1—下模座　2—导柱　3—挡料销　4—卸料板　5—弹簧　6—螺钉　7—推板　8—模柄　9—垫板　10—固定板　11—上模座　12—凸模　13—卸件器　14—落料凸模　15—凹模　16—固定板

拉深冲底翻边的目的是增加翻边高度，故工艺计算要先求出允许翻边高度 h，再依工件图要求凸缘高度 H，确定需要拉深高度 h_1 及拉深后在其底部需要的预冲孔直径 d_0。根据翻边工件图样标注的材料、t_0、D、r 值，便可按上述式（7-8）~式（7-11）求得 h、d_0、h_1 值。

7.2.4　翻边拉深复合冲压的主要工艺参数

翻边拉深复合冲压变形过程是：将圆环形平板毛坯放入凹模定位口后，凸模下行通过毛坯内孔 d_0 进行翻边。凸模是圆锥头加圆柱台阶形体，而凹模是个倒置的喇叭孔，故可使圆环形平板毛坯在内孔翻边的同时进行外缘拉深。因此，环形平板毛坯能在压力机一次行程中成形为短管形工件。

在实施内孔翻边的同时，进行外缘拉深成形这样的复合冲压，只有当这两个变形过程所需的冲压力相等时，才能保证获得合格的工件。

翻边所需压力在很大程度上取决于预冲孔直径 d_0；而拉深所需压力由毛坯直径 $d_{坯}$ 确定。因此，只有当翻边拉深加工零件的毛坯 d_0 与 $d_{坯}$ 比值适当时，才能获得成形良好的工件。

图 7-3 所示为深拉深 ST1304（08A1-F）钢板翻边拉深复合冲压可加工毛坯直径的有效范围。

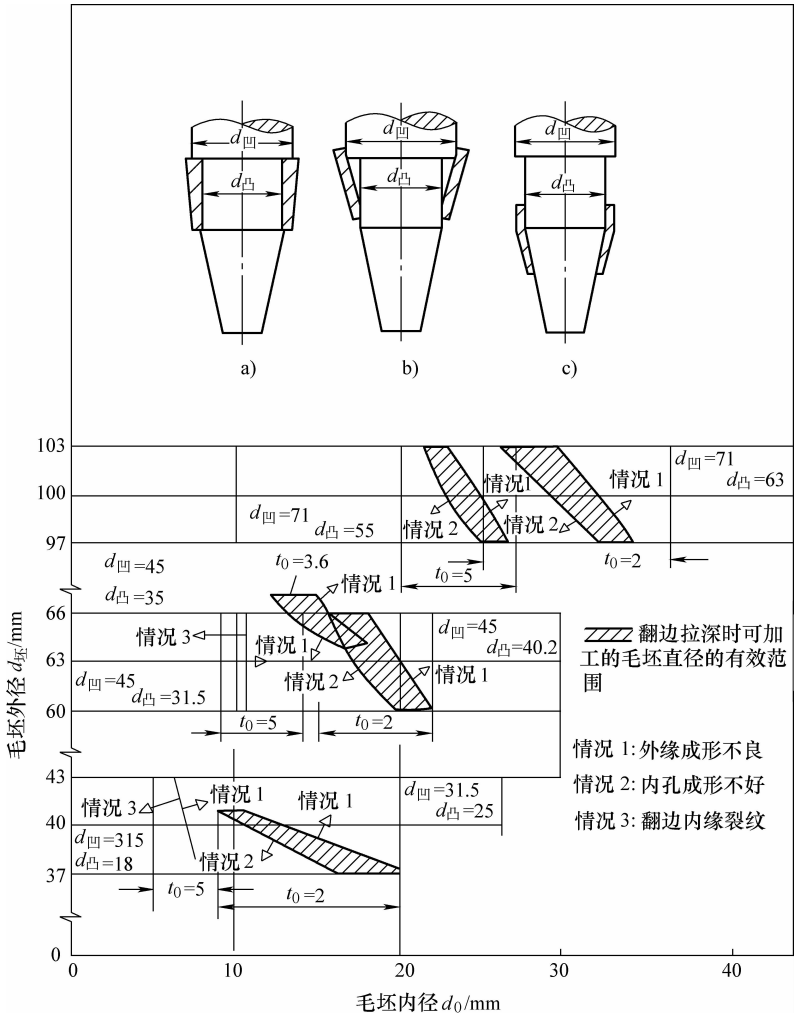


图 7-3　深拉深钢板翻边拉深复合冲压的加工范围

1）图中用粗实线划定不等料厚 t_0 的 $d_{坯}$、d_0 匹配合适的5组加工范围。在规定范围内，进行翻边拉深加工，可获得图7-3a所示的理想优质零件。

2）如果 $d_{坯}$ 尺寸大，则会出现图示情况1，外缘成形不良，如图7-3b所示。

3）如果 d_0 尺寸小，则会出现图示情况2，内孔翻边成形不好，如图7-3c所示。

4）如果 d_0 尺寸过小，则还会引起内缘裂纹，即图示情况3。

不同材料因塑性差别，可加工的范围各不相同，必须通过工艺试验获得准确的数据。

为了对不同材料推广应用这项新工艺，可按下述公式计算其主要工艺技术参数：

$$d_{坯}=2d_{凸}+2t_2-d_0 \tag{7-14}$$

$$t_2=t_0\sqrt{\frac{d_0}{d_{凸}}} \tag{7-15}$$

$$t_1=t_0\sqrt{\frac{d_{坯}}{d_{凹}}} \tag{7-16}$$

$$H=\frac{d_{坯}-d_0}{2} \tag{7-17}$$

内孔翻边变形程度：

$$\varphi_{\min}=\frac{d_2}{d_0} \tag{7-18}$$

外缘拉深变形程度：

$$\beta=\frac{d_{坯}}{d_{凹}} \tag{7-19}$$

式（7-14）～式（7-19）中，$d_{坯}$ 为毛坯外径（mm）；$d_{凸}$ 为凸模直径（mm）；t_2 为工件翻边凸缘口部壁厚（mm）；d_0 为毛坯内孔直径（mm）；t_0 为毛坯料厚（mm）；$d_{凹}$ 为拉深凹模直径（mm）；H 为工件高度（mm）；d_2 为工件内径（mm）。

以上主要工艺参数可用图7-4所示的诺谟图计算。

例：已知08F钢环形平板毛坯尺寸为：内径 $d_0=24\text{mm}$，外径 $d_{坯}=100\text{mm}$，料厚 $t_0=5\text{mm}$，凸模圆柱体直径 $d_{凸}=56\text{mm}$，凹模下口部直径 $d_{凹}=71\text{mm}$，试用图7-4所示诺谟图计算有关工艺参数。

在图7-4区域①中，根据已知 d_0、$d_{凸}$ 求出内孔翻边变形程度 $\varphi=2.34$，得 *A*—*B*—*C* 线。在区域②中，根据已知料厚 t_0、φ 值求出工件壁厚 $t_2=3.34\text{mm}$，得 *C*—*D*—*E* 线。在区域①中，还可根据已知 $d_{坯}=100\text{mm}$、$d_{凹}=71\text{mm}$，求出外缘拉深变形程度 $\beta=1.41$，得 *F*—*K*—*L* 线。在区域②中，已知 $t_0=5\text{mm}$（图示虚线），可绘出 *L*—*M*—*N* 线，得 $t_1=5.87\text{mm}$。已知 $d_{坯}$、d_0 即 *F*、*A* 点，在区域④可求出 *G* 点并绘出 *G*—*H* 线，得 $H=38\text{mm}$。在区域③，依据 *H*、*E* 两点图算得 *I* 点，求得最大翻边拉深复合冲压力 $F_{\max}=53\text{kN}$。

7.2.5　翻边模结构设计中的工艺要点

冲孔、落料、翻边综合式复合模是冲制内孔翻边最常用的翻边复合模，其结构如图7-2所示。该模具采用顺装结构，使用滑动导向后侧导柱标准模架，装有强力弹压卸料板，设置固定挡料销与侧挡销配合使用，对送进材料进距限位。设计此类冲模需解决以下问题：

1. 翻边间隙

由于翻边过程中，工件翻边凸缘边部料厚显著减薄。圆孔翻边尤为突出，在翻边凸缘的

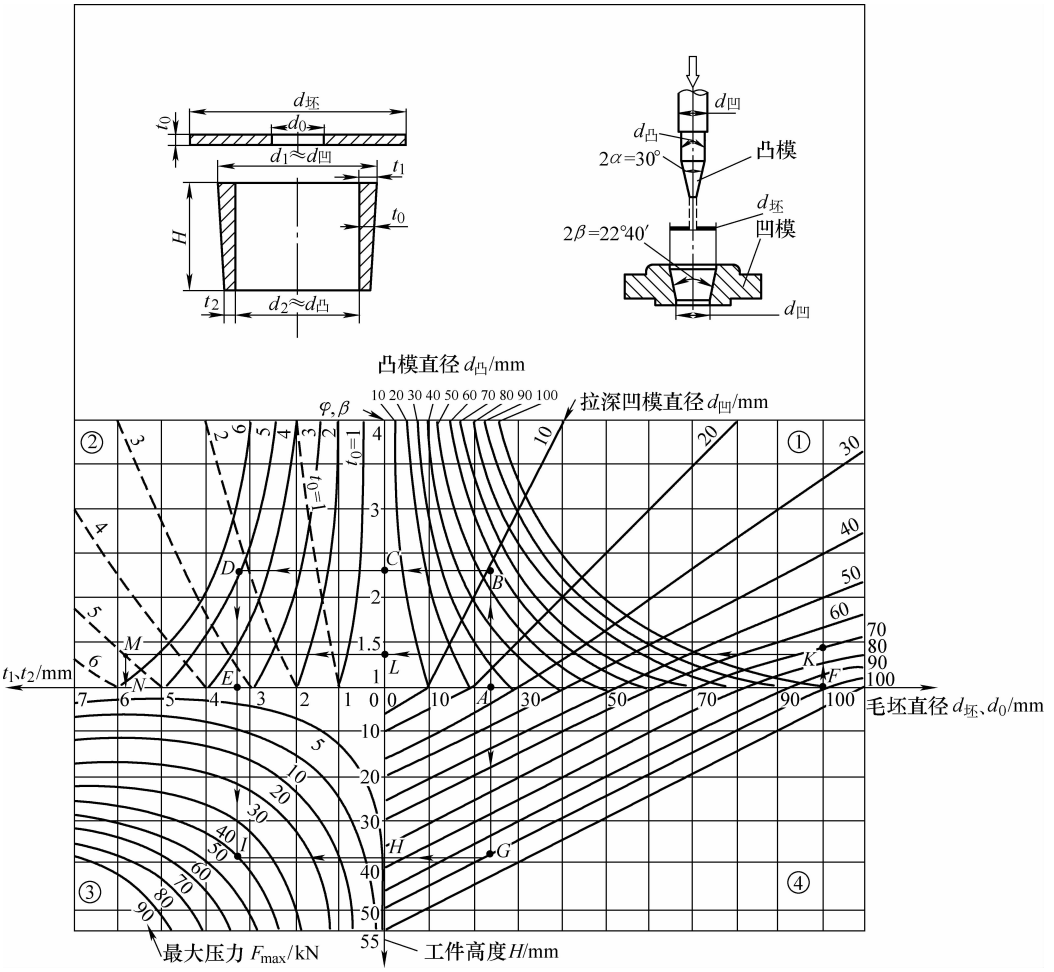


图 7-4　翻边拉深工艺参数诺谟图

口部最严重，通常减薄量为（0.15～0.25）t_0。为了得到竖直翻边凸缘的直壁，推荐单边的翻边间隙在（0.75～0.85）t_0 的范围内选取；如果翻边孔凸缘没有配合尺寸与几何精度的要求，而仅为增加工件刚度，则建议将单边的翻边间隙放大至（1.5～2.0）t_0。翻边力及卸件力将因此而明显下降。当单边翻边间隙放大到（4～5）t_0 时，翻边力将降低 30%～35%；当冲制小螺孔底孔翻边凸缘时，单边的翻边间隙推荐取 0.65t_0。

2. 圆孔翻边的减薄量

对于尺寸要求精确或为机械加工留有规定加工余量的圆孔翻边凸缘，对其凸缘口部料厚减薄尺寸，要在模具设计时进行计算，并按计算结果参照工件技术要求与尺寸精度，调整模具有关零件尺寸。其减薄量可按下式计算：

$$t_1 = t_0 \sqrt{\frac{d_0}{D}} = t_0 \sqrt{K_0} \tag{7-20}$$

式中，t_1 为圆孔翻边后凸缘口部料厚（mm）。

3. 避免翻边凸缘口部开裂的措施

如果圆孔翻边变形较大，翻边系数 K_0 已不能再小，否则将达到 K_{min} 值，而工件要求又不允许在翻边凸缘口部有任何裂痕，这时可采取以下三种措施中的一种加以解决。

1）预冲孔由冲孔改为钻孔，并除去钻孔毛刺。这一措施可使 K_0 值减小 8% ~10%，避免翻边凸缘口部开裂。但此法将增大工件加工费用。

2）从模具结构上考虑，设法让预冲孔毛刺处在翻边凸缘的内壁面上。预冲孔的毛刺是引起凸缘口部开裂的主要原因之一。用翻边复合模冲压时，预冲孔产生的孔边毛刺无法避免与清除。但由于冲孔产生的毛刺总是在推出冲孔废料的一面，对着冲裁方向翻边，就可让预冲孔孔边毛刺保持在凸缘内壁面上（见图 7-2）。

3）如果两种措施都达不到满意效果，则可采用拉深后冲底翻边工艺。这种措施虽然确保了工件质量，翻边后凸缘、口部都不会产生裂痕，但冲模结构较复杂。一般要设计成多工位连续式复合模才能冲制。故当产量不大时，不宜采用这一措施。

4. 翻边力的计算

圆孔翻边力 F_f 计算公式为

$$F_f = 1.1\pi t_0 R_{eL}(D - d_0) \tag{7-21}$$

圆孔翻边的卸件力 F_s 计算公式为

$$F_s = (15\% \sim 35\%) F_f \tag{7-22}$$

扳边力 F_b 的计算公式为

$$F_b = C_K L t_0 R_{eL} \tag{7-23}$$

以上式中，R_{eL}为翻边与扳边材料的屈服强度（MPa）；C_K 为折合系数，取 0.63；L 为扳边线长度（mm）；其余符号意义如前所述。

7.3　翻边模的种类及其实用结构形式

由于多数翻边零件总带有各种形状的孔、切口、凸台等冲裁作业部位，有的还有沉孔、压花，甚至拉深、弯曲、起伏等成形加工部位，单纯的翻边或扳边作业的零件为数不多，这使得多数翻边零件，总伴随有大量冲裁与成形作业内容。所用冲模则视翻边零件的复杂程度，即含翻边以外工艺作业工步多少，而采用单工位复合模或多工位连续模一模成形冲制，尤其对中小型翻边加工零件，较少采用分序多模冲制。但对于以翻边加工为主，且要进行内外缘翻边、多孔翻边以及对翻边凸缘尺寸精度要求较高的零件，有时也采用单工序翻边模或兼有局部少量成形作业的翻边模。下面按冲模冲制翻边零件所采用冲压工序（步）组合程度与方式，将含有翻边、扳边冲压工序（步）的冲模进行分类，并对其实用的结构形式进行介绍。

7.3.1　单工序翻边模及翻边兼成形的单工位翻边复合模

以翻边与扳边为主的单工位成形模，都划归为这一类只进行材料变形加工的冲模。

要进行翻边的坯件可以是平板毛坯，也可以带翻边预冲孔或事先钻好的孔。单工序翻边及翻边兼成形的模具可分为：无导向装置的敞开式单工序翻边模、翻边成形模和有导向装置的高精度单工序翻边模、翻边成形模。

不同的翻边工艺类型，要采用不同结构的翻边模。就单工序翻边模而言，相同的翻边工艺类型，其模芯部分的结构是相同的。无论有没有导向装置，用不用导柱模架，都无大的差

别。因此，按采用的翻边工艺类型的不同，单工序翻边模又可分为：有预冲孔或钻孔毛坯的单工序翻边模、穿刺翻边的单工序翻边模、穿孔翻边的单工序翻边模、变薄翻边的单工序翻边模、有预冲孔的翻边拉深模、拉深件冲底孔单工序翻边模等。所有这些单工序翻边模，都可以是无导向敞开式的，也都可以是有导向装置的高精度翻边模。

图 7-5 所示为一般精度普通翻边零件的无导向敞开式单工序翻边模，对带预冲孔或钻孔的平板毛坯进行加工，很具有代表性与典型性。这类翻边模都采用强力弹压卸料板。

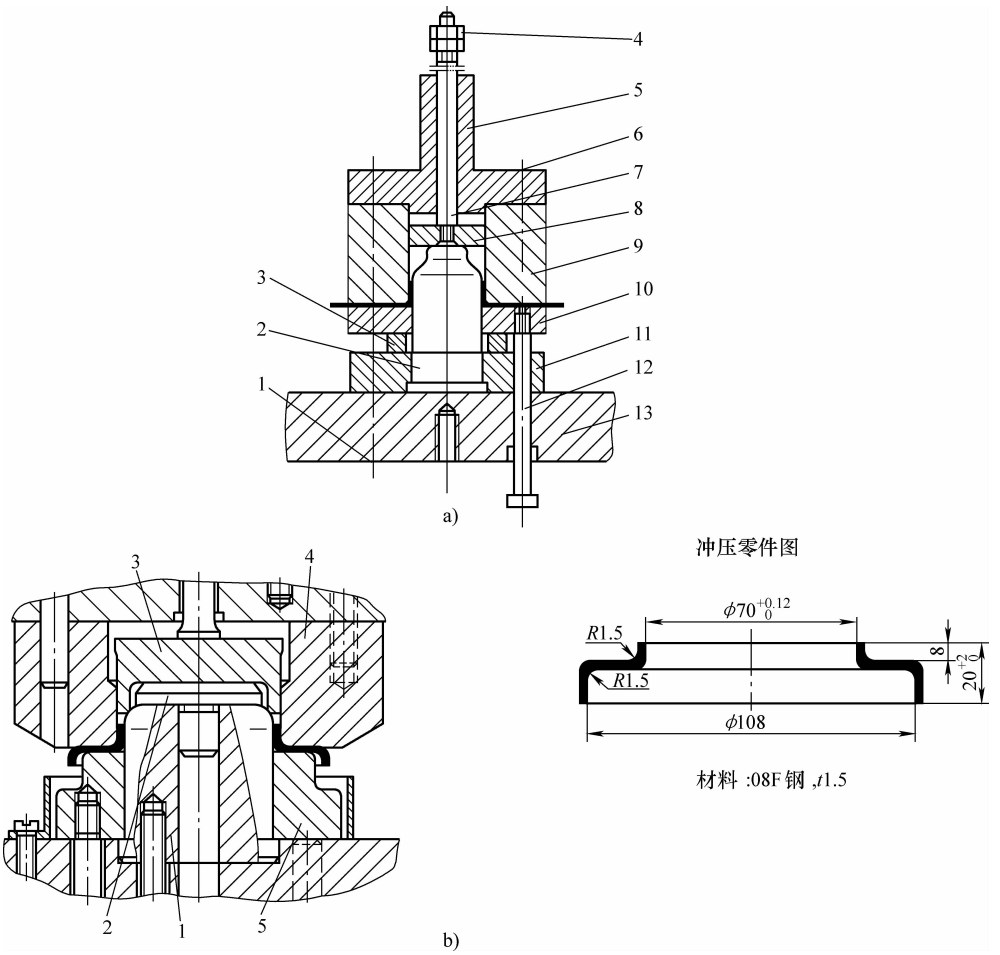


图 7-5　无导向敞开式单工序翻边模

a）通用结构形式

1、6—内六角螺钉（圆柱销）　2—翻边凸模　3—垫圈　4—六角螺母　5—上模座

7—打料棒　8—推板　9—凹模　10—卸料板　11—固定板　12—卸料螺钉　13—下模座

b）实用典型结构实例

1—凸模　2—定位板　3—卸件器　4—凹模　5—压料板

下面介绍几种具有典型性与代表性的内孔翻边及内外缘同工步翻边并成形的单工序翻边与单工位复合成形模。

1. 群孔翻边成形模

图 7-6a 所示为控制盘翻边成形模。欲翻边的圆孔共 8 个，要求翻边凸缘高 $h=1.5^{\ 0}_{-0.20}$mm，

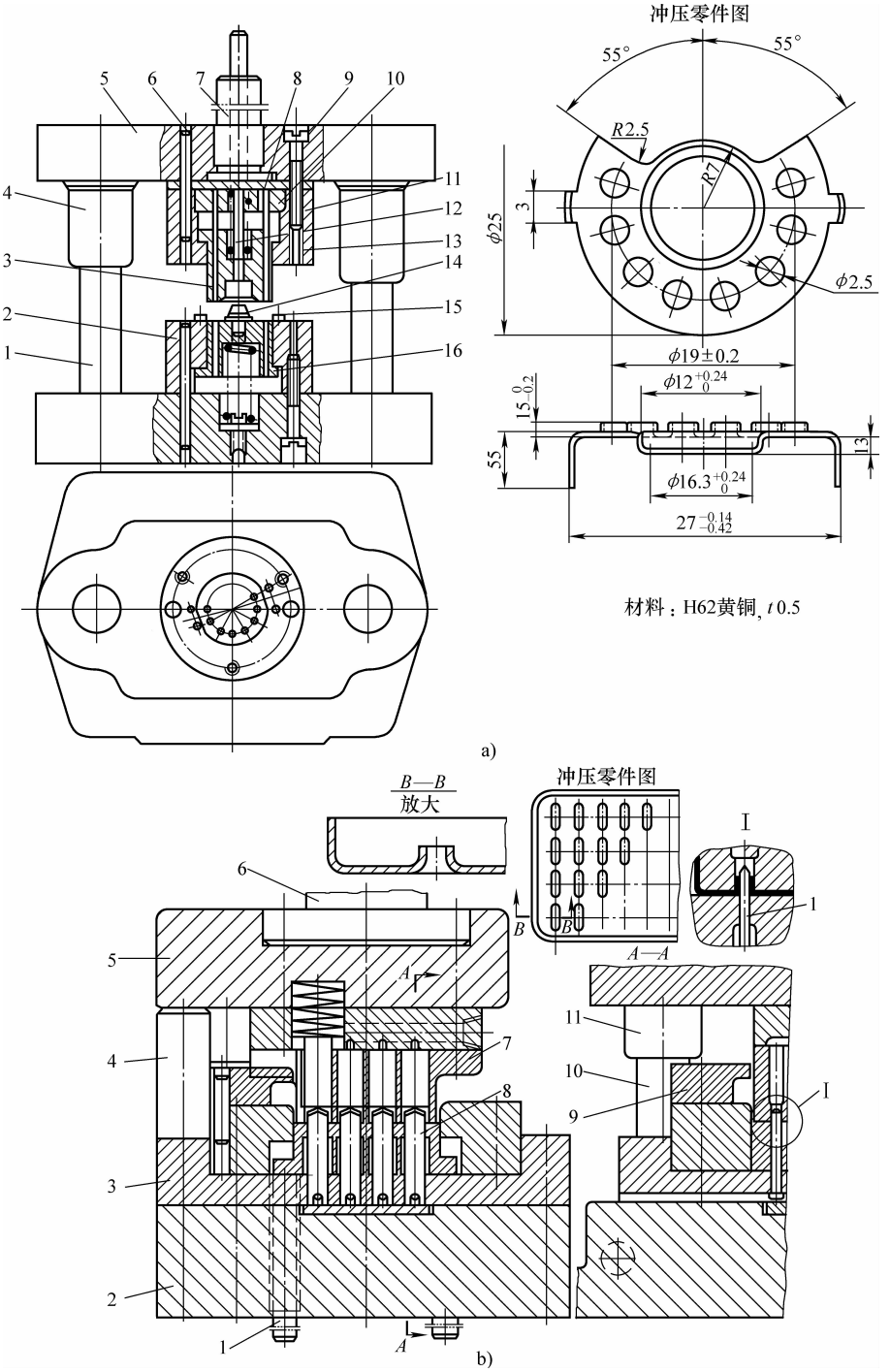


图 7-6　群孔一次翻边成形模

a）控制盘翻边成形模

1—导柱　2—凹模框　3—翻边凸模　4—导套　5—上模座　6—销钉　7—模柄　8—垫板　9—螺钉　10—固定板　11—固定板夹座　12—打料杆　13—弹簧　14—定位芯轴　15—侧挡销　16—翻边凹模

b）漏盘拉深翻边模

1—顶杆　2—下模座　3—凹模框　4—限位柱　5—上模座　6—模柄　7—凸凹模　8—翻边凸模　9—卸料板　10—导柱　11—导套

凸缘直径 $D=\phi 2.5$mm。8 个翻边凸缘均布在 $\phi 19$mm ±0.2mm 的 250°圆心角对应的圆周上，凸缘中心距仅 4.97mm，间距仅 2.47mm；零件料厚仅 0.5mm，翻边间隙很小，故要求翻边模的凸模对凹模要有高的对准导向精度。因此，该冲模采用了 I 级精度滑动导向中间导柱模架，利用成形坯件拉深的浅圆筒 $\phi 12^{+0.24}_{0}$mm 及其底孔 $\phi 10.3^{+0.24}_{0}$mm，套在定位芯轴 14 上，再用 4 件两组侧挡销 15 对坯件宽 3mm 的支臂限位，确保了定位准确。翻边凸缘采用预冲孔翻边，预冲孔 $\phi 1.6$mm 是坯件上事先用连续模已冲好的。

图 7-6b 所示为漏盘拉深翻边模。采用矩形盒一次浅拉深成形，并同时穿刺翻边 40 个长圆形凸缘的复杂的群孔翻边复合模实例。该冲模采用加强型滑动导向四角导柱模架，采用大承载固定卸料板，设限位柱及防护栅。

2. 内外缘一次翻边成形模

图 7-7 所示为圆盘内外缘一次翻边成形模。该冲模虽从冲压作业工艺上看，是单纯用成形毛坯进行翻边，实际上是进行台阶式拉深件底孔翻边及其外缘扳边。此外，还承担拉深底部小圆筒底角处压形，将这三项作业在一个工位、同一次冲压行程中完成。实际上该冲模是一套导柱模架单工位翻边复合成形模。但其以翻边作业为主，而且是单工位，可以看做是一套有导向内外缘翻边模。

毛坯套在凸模上并由它定位，凸模装在压料板上，为了保证凸模的位置准确，压料板需与凹模按 H7/h6 配合制造。压料板既起压料作用，又起整形凹模的作用，故压至下死点时应与下模座刚性接触，最后起顶件作用。内缘翻边后，在弹簧作用下顶件块从凸模中把工件顶起。推件块先由弹簧作用，冲压时始终保持与毛坯接触，到下死点时与凸模固定板刚性接触，把 $\phi 25.5$mm 圆角压出。上模的出件，为防止弹簧力量不足，采用刚性推件装置——打料杆、推板、连接推杆和推件块。

3. 端头翻边模

管端、法兰管头以及浅圆筒两头翻边都是有较大难度的冲压作业。图 7-8 所示为管头翻边模。上模采用带斜楔的装置，在一次行程中，先将毛坯端部压倾斜再压平，从而完成翻边工序，操作简单，定位可靠。

将毛坯放入右固定凹模内，搬动凸轮手把使左活动凹模右行，把毛坯夹紧。上模下行，压平凸模的导头导正毛坯，然后由三块组成的环状翻边凸模把毛坯端部压斜，见图 7-8 中工作原理图 a。上模继续下行，楔面作用使翻边凸模沿径向撑开，压平凸模的环状平面将毛坯压平，见图 7-8 中工作原理图 b。上模回程，在橡胶和拉簧的作用下，使三块翻边凸模复位合拢。

7.3.2 单工位冲孔翻边复合模

单工位冲孔翻边复合模大多是与冲裁工步复合，如冲孔、翻边复合模，冲孔、翻边、落料复合模等，也有用浅拉深坯件进行内孔翻边与外缘扳边复合冲压的。这类复合模在线数量多、应用广。

1. 冲孔翻边复合模

图 7-9 所示为冲孔翻边复合模实用典型结构形式。其工作过程如下：定型的单个平毛坯片料入模后，由挡料销 5 定位。上模下行冲压时，先由上模的凹模 18 与下模的弹压卸料板 19 将片料压紧。上模继续下行，由冲孔凸模 10 冲孔后，由凸凹模 6 翻边。上模回程中，弹压卸料板 19 会推卸工件脱离凸凹模 6，推件器 7 会在利用推杆 12，在上模到达上死点前，从凹模中推卸出工件。

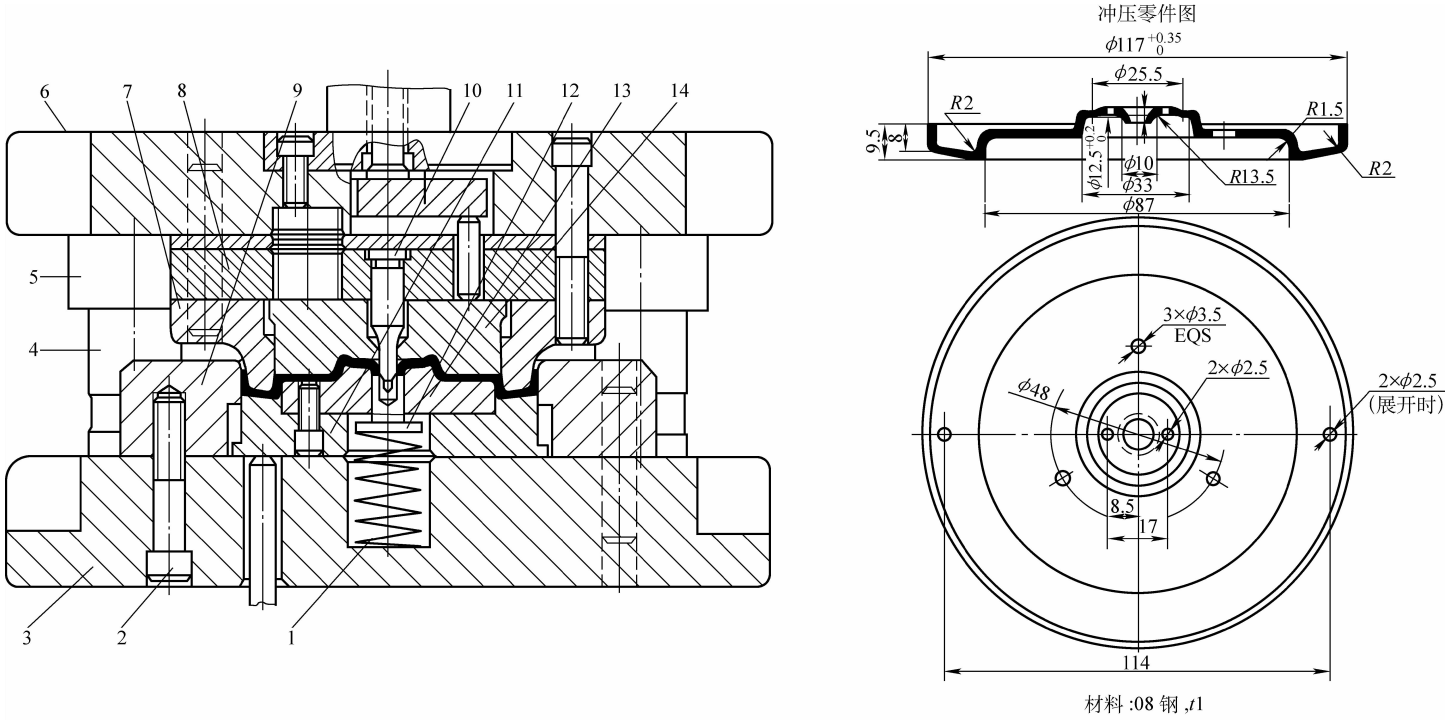


图 7-7　圆盘内外缘一次翻边成形模

1—弹簧　2—螺钉　3—下模座　4—导柱　5—导套　6—上模座　7—凸凹模
8—凸模固定板　9—凹模　10—凸模　11—压料板　12—顶件块　13—凸模　14—推件块

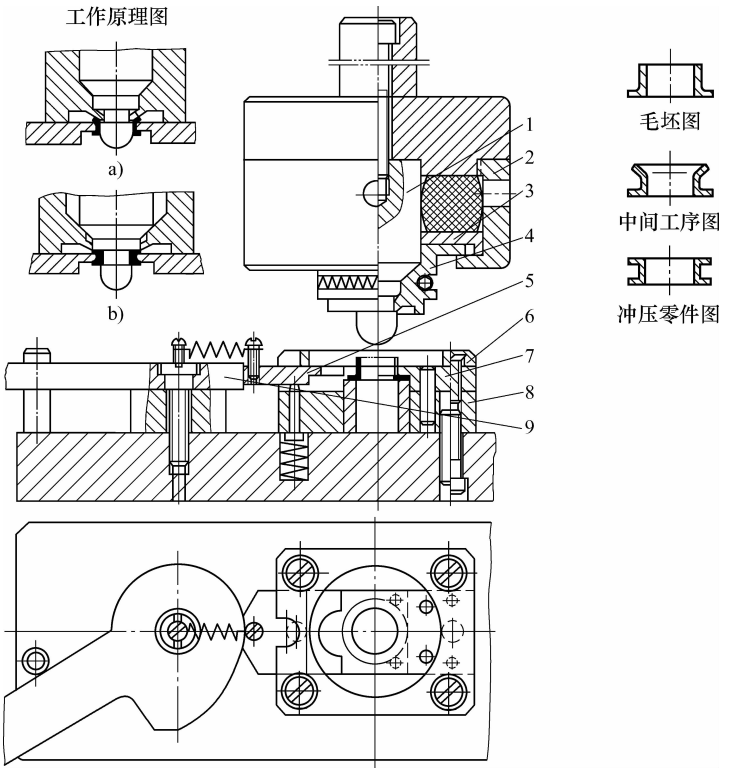


图 7-8　管头翻边模

1—压平凸模　2—压紧套　3—垫板　4—翻边凸模
5—左活动凹模　6—盖板　7—右固定凹模　8—垫板　9—凸轮手把

2. 冲孔、翻边、落料复合模

图 7-10、图 7-11 所示为冲孔翻边落料复合模的实用典型结构形式。对比两套冲模结构可以看出，其主要差别在于：

1）图 7-10 所示结构形式用于厚料、较大尺寸零件的翻边加工，卸料力大，为使冲模能稳定运作，在凹模表面安装了固定卸料板 4。

2）图 7-11 所示结构形式与图 7-10 大同小异，但主要用于薄料、小尺寸的翻边零件冲制，凹模 1 表面是敞开的，没有装固定卸料板而只有定位的固定挡料销与侧挡料销。

3）图 7-11 中的推卸件系统比图 7-10 减少了中间一级的推板与推杆，而用模柄中的打料杆直接推动卸件器 3 卸件，模具结构紧凑，其闭合高度大大减小。这种结构变化，有利于细小凸模的缩短、加固与保护。

4）图 7-11 所示结构加厚了上、下模座，加粗了导柱，提高了模具稳定性及寿命。

5）从图 7-11 模芯结构部件相互关系可以看出，

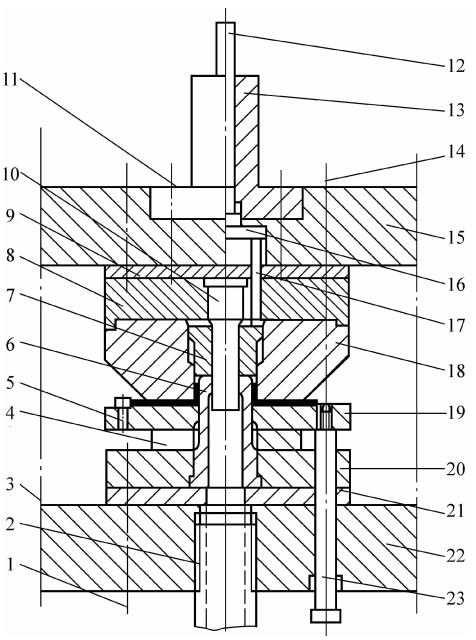


图 7-9　冲孔翻边复合模

1、11、14—内六角螺钉（圆柱销）　2—空心螺杆
3—导套、导柱　4—垫圈　5—挡料销　6—凸凹模
7—推件器　8—固定板　9—垫板　10—凸模
12、17—推杆　13—模柄　15—上模座　16—推板
18—凹模　19—弹压卸料板　20—固定板
21—垫板　22—下模座　23—卸料螺钉

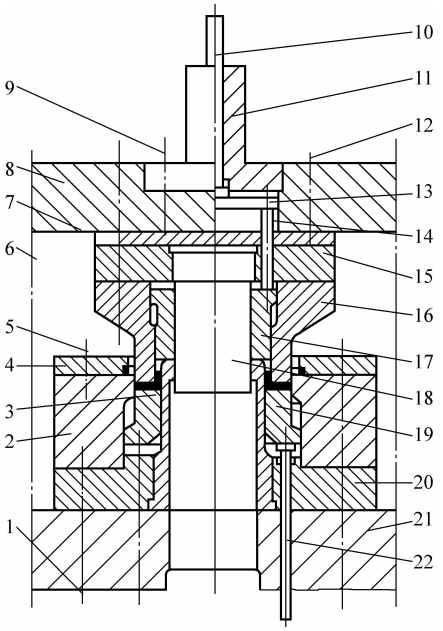


图 7-10　冲孔翻边落料复合模Ⅰ

1、9、12—内六角螺钉（圆柱销）　2—凹模　3、16—凸凹模
4—固定卸料板　5—螺钉　6—导柱、导套　7—垫板　8—上模座
10、14、22—推杆　11—模柄　13—推板　15、20—固定板
17—推件器　18—凸模　19—压料圈　21—下模座

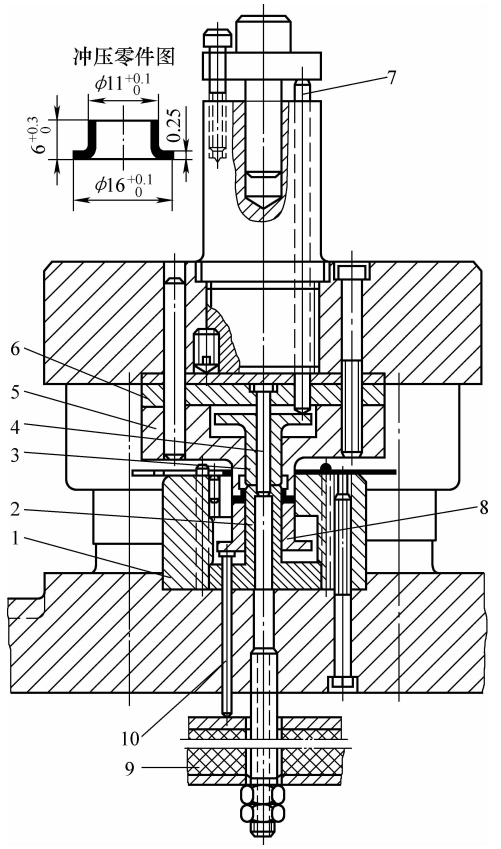


图 7-11　冲孔翻边落料复合模Ⅱ

1—凹模　2、5—凸凹模　3—卸件器
4—冲孔凸模　6—固定板　7—打料杆
8—顶件器　9—橡胶块　10—顶杆

冲孔凸模 4 的端面比翻边零件端面即原材料紧贴凹模表面的平面，有一段高度差，而这一高度差正是要拉深后达到的。因此，实际上该模具为落料、拉深、冲孔、翻边四工步复合模。

3. 内外缘翻边复合模

这类冲模都是对已冲底孔的带宽凸模的浅圆筒拉深件，进行外缘扳边和内孔翻边。图 7-12与图 7-13 所示的两种结构形式是在线通用的具有代表性的实用典型结构。

由于翻边零件尺寸小、料薄，在该类冲模的结构设计中应注意以下几点：

1）卸料板弹簧力量要强，防止外缘面积小，弹簧力量过小，以致在内外缘同时翻边时，材料向内孔翻边方向滑移。

2）结构设计要确保内外缘翻边同时进行，或外缘扳边略提前一些，但内孔翻边不可在外缘扳边前实施。否则，材料流向内孔过多，冲压零件将出现外缘扳边尺寸不足。

图 7-13 所示结构中，充发考虑了厚料内孔翻边力大、卸件力大的特点，比图 7-12 所示结构增加了内孔翻边的预压及顶件出模的顶件器 6；同时，考虑外缘扳边的成形难度及卸件力大而困难的特点，在一般为刚性卸件器 20 上，增加了强力弹簧 9，除对坯件压紧校平外，卸件噪声很小。

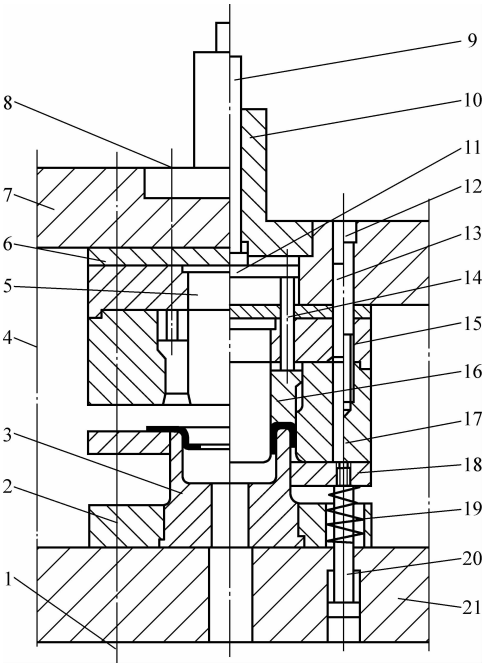


图 7-12 薄料小零件内外缘翻边复合模

1、8—内六角螺钉（圆柱销） 2—固定板 3—凸凹模 4—导柱、导套 5—凸模 6—垫板 7—上模座 9、14—推杆 10—模柄 11—推板 12—内六角螺钉 13—圆柱销 15—固定板 16—推件器 17—凹模 18—卸料板 19—弹簧 20—卸料螺钉 21—下模座

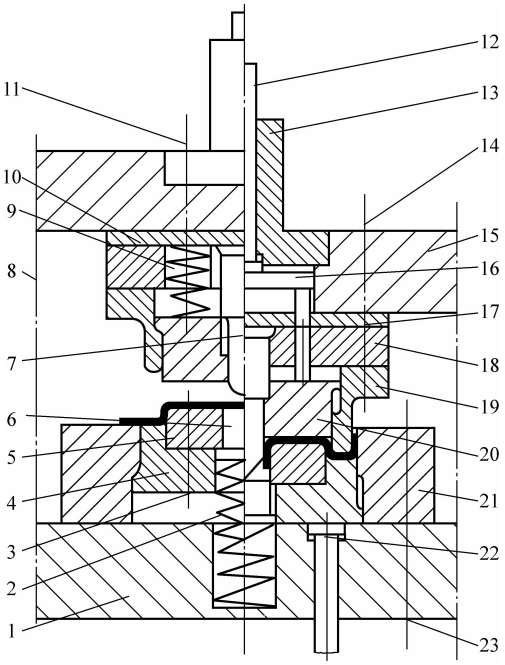


图 7-13 厚料较大零件内外缘翻边复合模

1—下模座 2、9—弹簧 3—内六角螺钉 4—固定板 5—凸凹模 6—顶件器 7—凸模 8—导柱、导套 10—垫板 11、14、23—内六角螺钉（圆柱销） 12、17、22—推杆 13—模柄 15—上模座 16—推板 18—固定板 19—凸凹模 20—卸件器 21—凹模

7.3.3 多工位连续式翻边复合模

1. 端盖五工位连续式翻边复合模

图 7-14 所示是一套拉深、冲底孔、翻边、校形、落料——外缘扳边复合冲压五工位连续式复合模。冲压零件图、排样图示于图 7-14 中，端盖材料为 H68 黄铜，展开后为高度 $H=2.7\text{mm}$、外径为 $\phi12.8\text{mm}$ 的内孔翻边件。搭边 $a=3.2\text{mm}$，沿边 $a_1=1.6\text{mm}$，使用料宽 $B=16\text{mm}$，因翻边凸缘高度过大，采用拉深后冲底孔翻边。第Ⅰ工位拉深为 $\phi7\text{mm}\times1.7\text{mm}$，第Ⅱ工位冲底孔即翻边预冲孔 $\phi4.5\text{mm}$，第Ⅲ工位内孔翻边达到 $\phi7\text{mm}\times2.7\text{mm}$，第Ⅳ工位校形定位，将翻边凸缘根部外圆角减小至 0.1mm 以下，并靠凸缘为最后工位定位，第Ⅴ工位进行落料及外缘 45°扳边复合冲压。完成冲件后可用压缩空气或拨杆卸件器拨动出模。

该模具采用滑动导向对角导柱标准模架、强力弹压卸料板、五工位沿送料方向直线布置。各工位凹模都采用镶嵌式结构并设单边导料板及承料板。为确保送料顺畅，在拉深、翻边及最后工位都设置了弹顶卸件器。

2. 管帽七工位连续式翻边复合模

图 7-15 所示为管帽连续拉深、冲底孔、翻边、落料七工位连续式翻边复合模。冲压零件图、排样图示于图 7-15，管帽材料为 10 钢，料厚 0.5mm。该零件为带法兰的截锥形，高度 $H=6.3\text{mm}$，采用拉深后冲底孔翻边工艺。一次拉深难以获得 $\phi7\text{mm}\times\phi9\text{mm}\times\phi6.3\text{mm}$ 的截

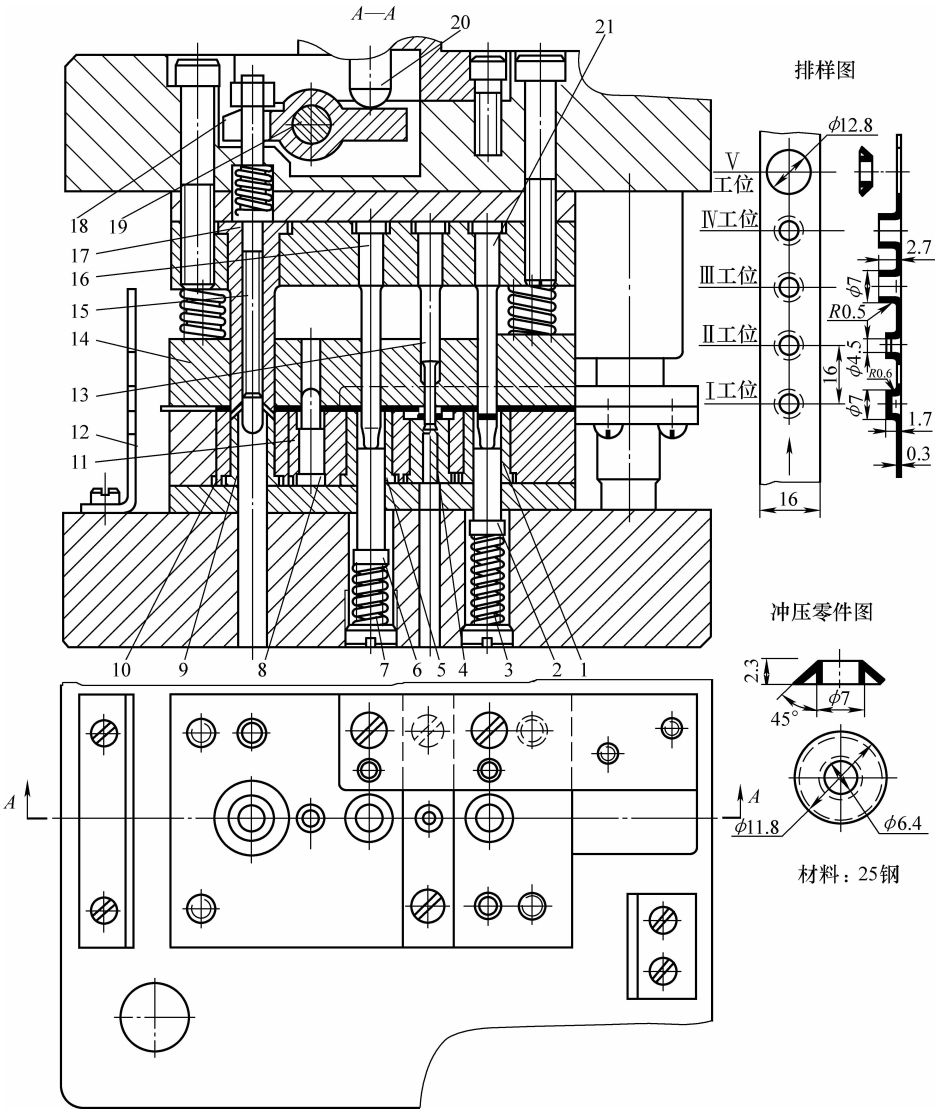


图 7-14　端盖五工位连续式翻边复合模

1—拉深凹模　2—弹顶（卸件）器　3、7—压力弹簧　4—冲孔凹模
5—翻边凹模　6—弹顶卸件器　8—导正定位销　9—外缘扳边凸模
10—落料凹模　11—凹模框　12—防护屏　13—冲孔凸模
14—强力弹压卸料板　15—顶杆　16—翻边凸模　17—落料凸模
18—摆杆　19—转轴　20—打料杆　21—拉深凸模

锥形体，故采用 3 次连续拉深，达到底圆外径为 ϕ9mm、顶圆外径为 ϕ5. 9mm、高 5. 3mm 的截锥。冲底孔翻边冲挤达到 H = 6. 3mm，并成形 R1. 2mm、高 0. 8mm 圆环波。最后工位靠导正销定位再落料，模下漏料出件。

该零件采用单行直排排样，料宽 B = 22mm，进距 S = 18mm，搭边 a = 2mm，沿边 a_1 = 3mm。该模具使用对角导柱标准模架。各工位凹模均采用镶嵌式结构，拼合成组合体装在凹模框内，并使用整体固定卸料板，在各拉深翻边工位凹模内装有顶件器。冲成零件及冲孔废料均从凹模下孔落入零件箱中。

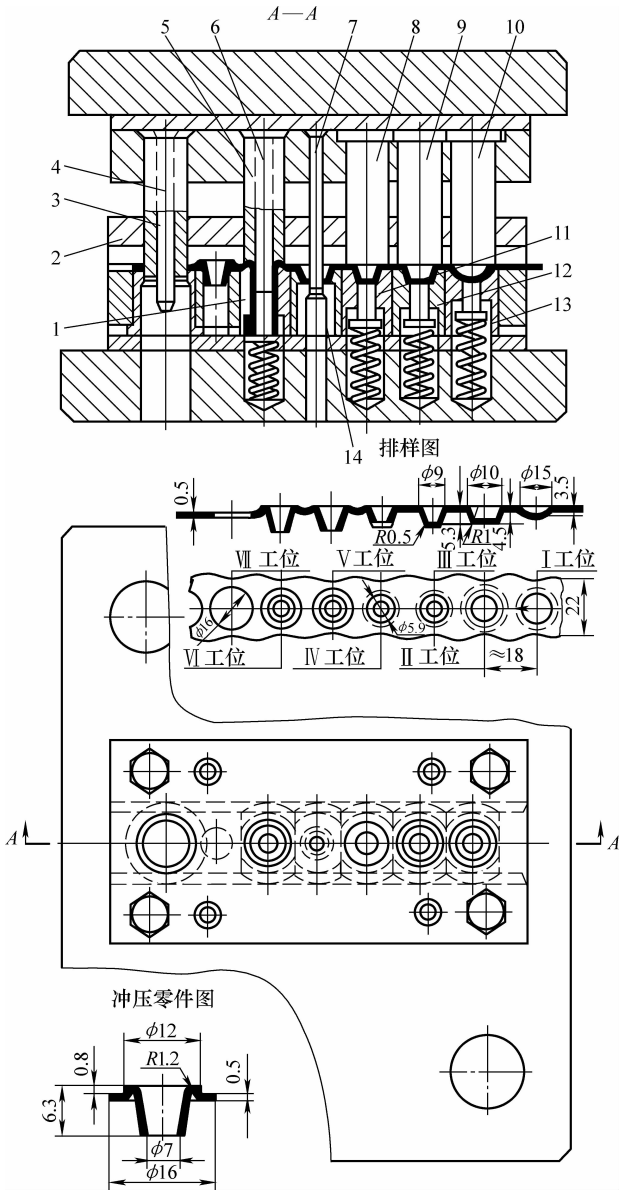


图 7-15　管帽七工位连续式翻边复合模

1—翻边冲挤成形凹模　2—固定卸料板　3—落料凸模　4—导正钉　5—冲挤成形凸模
6—翻边凸模　7—冲孔凸模　8—第三次拉深凸模　9—第二次拉深凸模　10—第一次拉深凸模
11—第三次拉深凹模　12—第二次拉深凹模　13—第一次拉深凹模　14—冲孔凹模

7.4　薄板零件小螺纹底孔的翻边成形

为减轻产品质量并提高其结构部件的连接强度及整体刚度，在仪表、电器开关等产品的板料冲压零件上，广泛采用变薄翻边的螺纹底孔，实施多个板料冲压零件及其与铸、锻、焊、机加工等零件的紧螺纹联接。在各种金属板料上，用一套多工位连续式复合模，直接在原材料上，冲制出具有变薄翻边凸缘、成形螺纹底孔的各类形状复杂的冲压零件，可以达到

节能降耗、优质高产的效果。

对薄板冲压零件进行紧螺纹联接，往往需要有大于料厚的联接螺纹长度，以确保其联接的可靠性，增强其负载能力，达到结构部件连接牢靠、质量更小的目的。通过变薄翻边，一方面增长螺纹联接长度，另一方面能节省材料并减轻质量。合理螺纹底孔直径的推荐值见表 7-3。

表 7-3　合理螺纹底孔直径推荐值　（单位：mm）

螺纹直径 d	螺距 t_L	底孔直径 d_z
M1	0.25	0.75
M2	0.4	1.6
M2.5	0.4	2.1
M3	0.5	2.5
M4	0.7	3.3
M5	0.8	4.2
M6	1	5
M8	1.25	6.7
M10	1.5	8.5
M12	1.75	10.2
M14	2	11.9
M16	2	13.9
M18	2.5	15.4
M20	2.5	17.4
M22	2.5	19.4
M24	3	20.9
M27	3	23.9
M30	3.5	26.3

螺纹底孔是否合适，主要取决于螺纹直径和螺距大小。对于常用标准螺纹可按式（7-24）、式（7-25）计算螺纹底孔：

当 $t_L \leqslant 1$ 时，取：

$$d_Z = d - t_L \tag{7-24}$$

当 $t_L > 1$ 时，取：

$$d_Z = d - (1.04 \sim 1.06)t_L \tag{7-25}$$

式（7-24）、式（7-25）中，t_L 为螺距（mm）；d_Z 为螺纹底孔直径（mm）；d 为螺纹直径（mm）。

冲压零件经常采用的 M2 ~ M10 紧螺纹联接结构，多数均可用普通翻边与变薄翻边工艺获得其螺纹底孔，且底孔长能达到螺纹联接长度的要求。

7.4.1　变薄翻边成形螺纹底孔的工艺参数

变薄翻边冲制螺纹底孔的工艺方法多用于料厚 $t_0 \leqslant 3$mm 的薄板冲压零件。变薄翻边成形螺纹底孔及其模具结构、主要参数如图 7-16、表 7-4 所示。

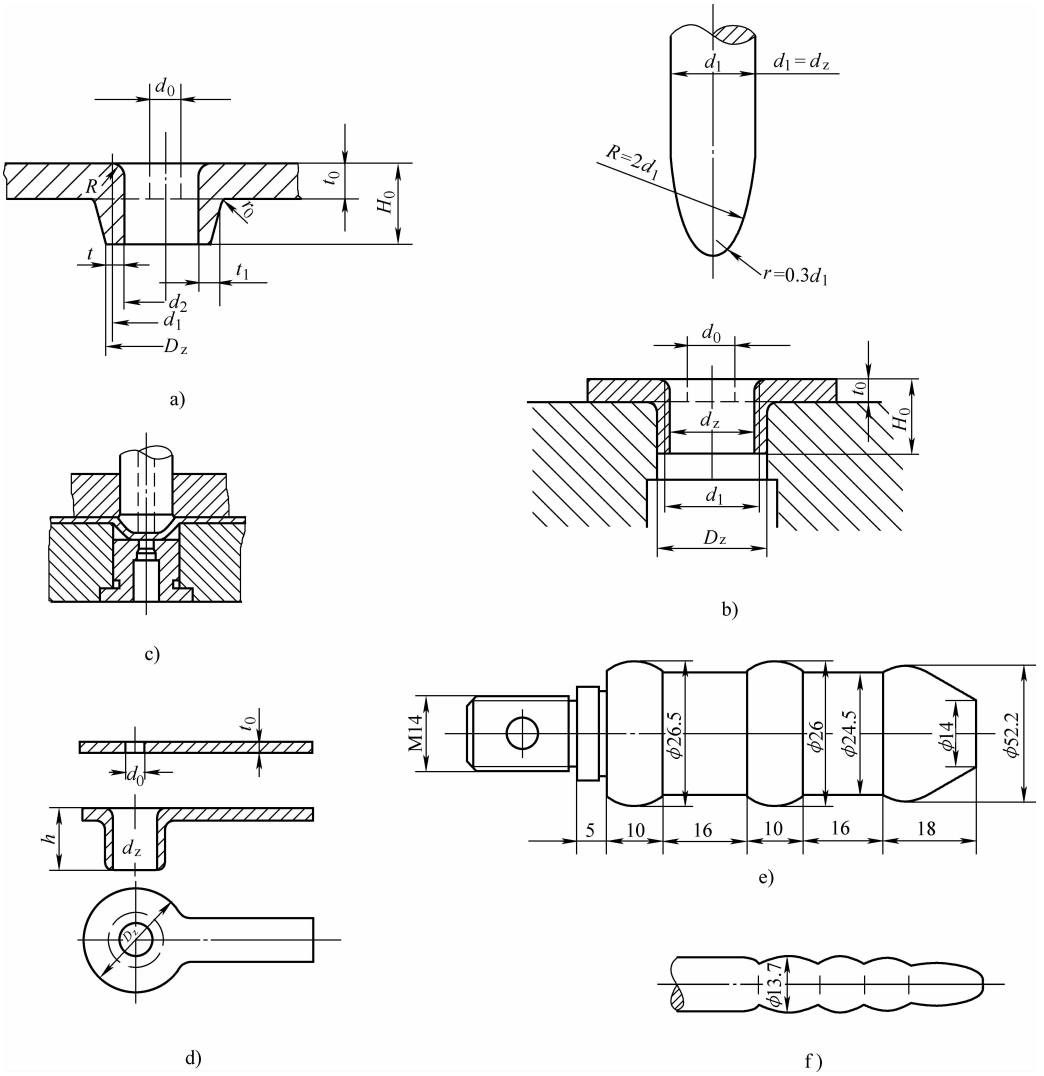


图 7-16　变薄翻边成形螺纹底孔及其模具结构

a）变薄翻边的基本尺寸参数　b）小螺纹底孔变薄翻边的模具工作零件结构

c）翻边埋头螺钉沉孔　d）拉深冲底孔翻边螺纹底孔　e）大直径螺纹底孔变薄翻边台阶式凸模

f）大变形量变薄翻边用多环台阶式凸模

注：d_0 为翻边预冲孔直径；t_0 为冲压零件料厚；H_0 为翻边凸缘高度；d_z 为翻边螺纹底孔直径；D_z 为翻边凸缘外径；d_1 为翻边凸缘中径；t、t_1 为翻边凸缘壁厚。

表 7-4　变薄翻边成形螺纹底孔主要参数　（单位：mm）

冲压零件料厚 t_0	螺纹直径 d	翻边预冲孔直径 d_0	翻边螺纹底孔直径 d_z	翻边凸缘外径 D_z	翻边凸缘高度 H_0
1	M2	1	1.6	2.4	1.7
	M2.5	1.1	2.1	3.1	2.0
	M3	1.15	2.5	3.6	2.2
	M4	1.2	3.3	4.4	2.6

（续）

冲压零件料厚 t_0	螺纹直径 d	翻边预冲孔直径 d_0	翻边螺纹底孔直径 d_z	翻边凸缘外径 D_z	翻边凸缘高度 H_0
1.5	M3	1.5	2.5	3.2	2.2
	M4	1.6	3.3	4.2	2.6
	M5	1.7	4.2	5.6	3.2
	M6	2.2	5	6.4	3.3
2	M4	2	3.3	4.3	3.0
	M5	2.1	4.2	5.4	3.4
	M6	2.2	5	6.6	3.8
	M8	3	6.7	8.3	4.6
2.5	M5	2.5	4.2	5.6	3.9
	M6	2.6	5	7	4.2
	M8	3	6.7	8.4	4.9
	M10	3.6	8.5	10.7	5.4
3	M6	3.2	5	7.1	4.6
	M8	3.4	6.7	8.5	5.3
	M10	3.8	8.5	11	5.7
	M12	4.3	10.2	12.4	6.2

7.4.2　变薄翻边的工艺计算

多年的研究和现场经验证实，用Q235、08、10、20等钢和H62、H65、H68黄铜及软态纯铜等材质的薄板冲压零件，变薄翻边成形小螺纹底孔时，控制和合理确定其变薄翻边系数 K_0、翻边孔壁的变薄系数 E_0 等，是确保翻边成形质量的关键。

推荐变薄翻边系数为

$$K_0 = d_0/d_z = 0.40 \sim 0.45 \tag{7-26}$$

推荐预冲孔直径为

$$d_0 \geqslant t_0 \tag{7-27}$$

推荐翻边孔壁变薄系数为

$$E_0 = (D_z - d_z)/2t_0 = 0.60 \sim 0.65 \tag{7-28}$$

推荐按以下各式计算变薄翻边的各主要工艺参数：

预冲孔直径为　　$$d_0 \approx (0.45 \sim 0.50)d_z \tag{7-29}$$

翻边凸缘外径为　　$$D_z = d_z + 13t_0 \tag{7-30}$$

翻边凸缘高度为

$$H_0 = \frac{\delta_0(D_z^2 - d_0^2)}{D_z^2 - d_z^2} + (0.1 \sim 0.3)\,\text{mm} \tag{7-31}$$

在正常情况下，使用上述计算方法和推荐的工艺参数，变薄翻边成形质量较为理想，翻边孔不会开裂，翻边口部平整，并具有足够的翻边壁厚和强度，可满足紧螺纹联接的质量要求。

7.4.3　小螺纹底孔翻边冲模结构设计的要点

薄板冲压零件小螺件底孔的冲压成形，多采用多工位连续式复合模，即用一套冲模，通过多个工位，直接从原材料冲制出各种形状复杂的冲压零件。在这类冲模的结构设计中应该注意以下要点：

1. 推荐采用强力弹压卸料板结构

小螺纹底孔的变薄翻边成形多在料厚小于 1～2mm 的板料上完成。料厚为 3mm 的情况较少，料厚大于 3mm 的螺纹底孔，由于孔长大于 3mm，满足不小于 M3 螺纹的紧联接要求，而无需进行变薄翻边成形冲压。对于料厚不大于 3mm 的板料，进行翻边凸缘内孔 d_z 要求较高的螺纹底孔成形时，必须在强力压料情况下，通过预冲孔 d_0 的变薄翻边达到 d_z，且翻边凸缘根部圆角尽量小，口部平整无开裂。若压料力过小，不仅难以在冲压前校平板料，而且也不能保证翻边的质量，并且不允许采用固定卸料板结构，对薄板在无压紧校平的自由状态进行小螺纹底孔的变薄翻边成形。

2. 采用高精度模架

始终保持冲模具有均匀一致的冲裁间隙与变薄翻边间隙，是保证冲压零件尺寸精度与翻边成形质量、提高冲模寿命的关键。推荐选用国标 I 级精度模架。GB/T 2851—2008 和 GB/T 2852—2008 给定的两大结构类型，多种标准冲模模架，可供设计选用。根据变薄翻边一模成形冲压零件的料厚、要求的尺寸与几何精度、工位数目、工位间送进方式及凹模尺寸、闭模高度等，选择模架并注意核定其导向精度。

3. 翻边凸模的设计

内孔变薄翻边工艺成败的关键，是翻边凸模的结构形状及翻边间隙的合理确定。图 7-17 所示为常用的薄料小孔翻边凸模的构形状及主要参数，可供设计选用。

选择并设计合理的凸模结构形状，不仅能减小翻边力，而且能获得满意的翻边效果。对于螺纹底孔翻边凸模，优先推荐采用图 7-17a 所示结构。当翻边螺纹底孔直径 d_z 要求较严，而翻边凸缘高度 H_0 允许有负偏差时，采用图 7-17b 或图7-17c 所示结构，均可收到良好的效果。当翻边凸缘口部要求平整度不高，且 H_0 允许有较大波动，料厚小于 1.5mm，翻边螺纹底孔直径 d_z 不大于 6mm 时，可选用图 7-17d、图 7-17e 所示结构，进行无预冲孔、穿刺翻边。变薄翻边凸、凹模之间的单边间隙可取 $Z=0.65t_0$。由于该间隙

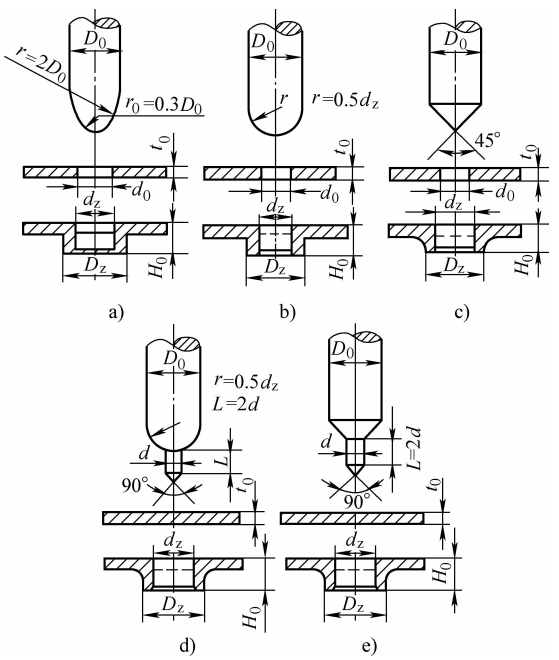


图 7-17　翻边凸模的结构形状及主要参数

a)、b)、c）弹头形、球头形、圆锥形有预冲孔翻边凸模结构形状

d)、e）球形、锥形带预冲孔冲头无预冲孔翻边凸模结构形状

注：D_z 为翻边凸缘外径；d_z 为翻边螺纹底孔直径；d_0 为翻边预冲直径；H_0 为翻边凸缘高度；t_0 为冲压零件料厚；D_0 为凸模直径。

小于料厚，通过翻孔后冲挤作用，可使翻边部分材料减薄，按照塑性成形的体积不变定律与阻力最小定律，多余材料在强压下，沿冲压方向流向翻边凸缘口部，从而增加翻边凸缘高度。

4. 冲模进距限位装置的设计

对于多工位连续式复合模来说，合适的进距限位装置对提高冲模的冲压精度、保障冲模的合理寿命、实现高速连续冲压等来说，都是十分重要的前提条件。

对于薄板小尺寸冲压件，尤其用多工位连续模冲压时，多采用各种侧刃对入模材料进距限位。常用普通的侧刃都纳入 JB/T 7648.1—2008《冲模侧刃和导料装置　第 1 部分：侧刃》，可供设计选用。此外，还有一些根据工件外廓形状及进距限位的需要而设计的非标准成形侧刃与落料侧刃。使用侧刃的条件及范围如下：

1）大量生产料厚 $t_0 \leqslant 1$mm 的工件，并要求冲模有更高的生产率时应优先选用。

2）工件尺寸精度在 IT10 以上，且其几何精度要求较高。

3）送料进距 $S \leqslant 50$mm，要求送料进距误差不大于 ± 0.15mm 时，宜优先采用标准侧刃。非标准成形侧刃往往可用于更大的送料进距和更高的送料精度。

4）送料进距小，使用其他进距限位装置皆有困难或达不到要求的送料限位精度。

5）采用卷料进行高速连续冲压。

虽然侧刃限位比固定挡料销、活动挡料销精确、可靠，但增加了废料量并使冲模结构趋于复杂。同时，加大了冲裁力，必然增大所需冲压设备吨位。因此，设计冲模时应权衡得失，经多方案对比后合理确定。

5. 工位布置及工位间送进方式的选择

根据排样图，按结构设计与制模工艺的需要，对工位排列、空挡工位设置、凹模结构等进行必要的调整。

为使各工位能沿原材料送进方向直线排列，以简化冲模的结构，除复杂形状的多向弯曲件外，一般翻边件都只有冲孔、翻边、落料三个工位。如果工件还要增加切口、冲槽等冲裁工位，通常都排在翻边预冲孔之前，而弯曲工位多数排在翻边工位之后，尤其是多向弯曲及弯曲行程较大的任意弯曲。浅拉深及校平、打扁、压凸、压筋等工艺作业，均可安排在翻边之前，而落料及切断分离都安排在最后工位。

当所有工位沿原材料送进方向直线排列时，用携带法携带工件，实现工位间送进较为适宜。在送进原材料携带工件时，无论是用多工位分切式，还是用嵌入原搭边框的方式，携带法都较简便，且送进精度高，冲模结构简单。不推荐采用传递法，推送式或料推料式传递法的冲模结构都较复杂，且送进精度要低得多。

7.4.4　螺纹底孔翻边件连续模实用典型结构设计实例

1. 采用始用挡料装置与固定挡料销的螺纹底孔翻边件连续模

图 7-18 所示冲压零件为仪表连接臂。该零件是用料厚 1mm 的 H62 黄铜板经冲孔、翻边、落料三工位连续模冲压成形的小型翻边件，尺寸精度仅要求两孔中心距极限偏差为 ± 0.05mm，其余尺寸均为自由公差。翻边成形的螺纹底孔为 $\phi 3.3$mm，即翻边凸缘内径 d_z。而翻边凸缘外径 $D_z = \phi 4.65$mm，翻边凸缘高度 $H_0 = 2.6$mm。

根据仪表连接臂外形，排样采用有搭边、单列直排。搭边与沿边相等，均取 1.5mm。由于搭边值达 $1.5t_0$，送料进距允许误差值约为 ± 0.50mm，故可使用制造简便、成本低的固

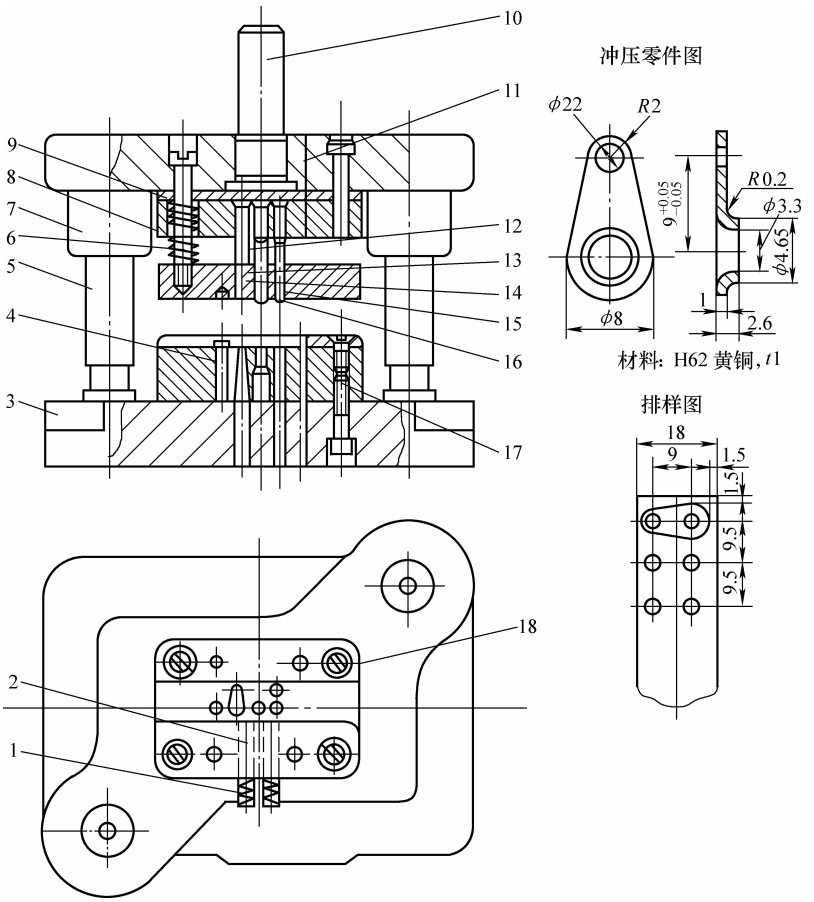


图 7-18　仪表连接臂三工位连续式翻边复合模

1—始用挡料装置用压簧　2—始用挡料装置　3—下模座　4—固定挡料销　5—导柱
6—卸料板弹簧　7—导套　8—固定板　9—垫板　10—模柄　11—上模座　12—落料凸模
13—翻边凸模　14—落料凸模导正销　15—弹压卸料板　16—冲孔凸模　17—凹模　18—导料板

定挡料销作为进距限位装置。因为该模具为三工位，为使首次送料时一、二工位也能冲制成合格冲件，必须设两组始用挡料装置同固定挡料销配合，构成冲模的进距限位系统。

该冲模标准化程度达 92%，除翻边、落料两凸模为非标准件外，固定板、卸料板及凹模和下模座上的模孔均需按图样加工。其他的绝大部分零部件，包括模柄、模架、进距限位装置、导料板、卸料板、固定板、垫板、全部紧固件等，都是常用标准件。因此，该冲模制造简便，制造周期短，成本低。

该冲模在结构上的缺点主要是细长冲孔与翻边凸模的加固结构与导向系统设计不够理想。在凸模的加固结构设计中，采取了加粗凸模固定段直径、加厚固定板与卸料板以及用卸料板导向等结构措施，提高和改善了凸模的抗纵弯能力。但由于卸料板仅以卸料螺钉与上模座联接，承载后会因弹簧受力不均而偏斜，使凸模工作端头受到侧向力，不利于凸模的抗纵弯防护。为避免上述情况发生，利用非圆形、大尺寸落料凸模纵向稳定性好的优势，制作时使其与卸料板的导向间隙小于圆凸模导向间隙的一半左右，其结构缺点便可以克服。

2. 使用侧刃的螺纹底孔翻边件连续模

图 7-19 所示冲压零件为连接片。用变薄翻边冲出 M4 螺纹底孔 $d_z = \phi 3.3\text{mm}$，翻边凸缘

高 $H_0=2.6\text{mm}$，该零件外形尺寸为厚×长×宽=1mm×15mm×5mm。其尺寸与几何精度要求较高，翻边凸缘口部不允许有裂纹，$H_0=2.6\text{mm}\pm0.3\text{mm}$，$d_z=\phi3.3\text{mm}\pm0.1\text{mm}$。

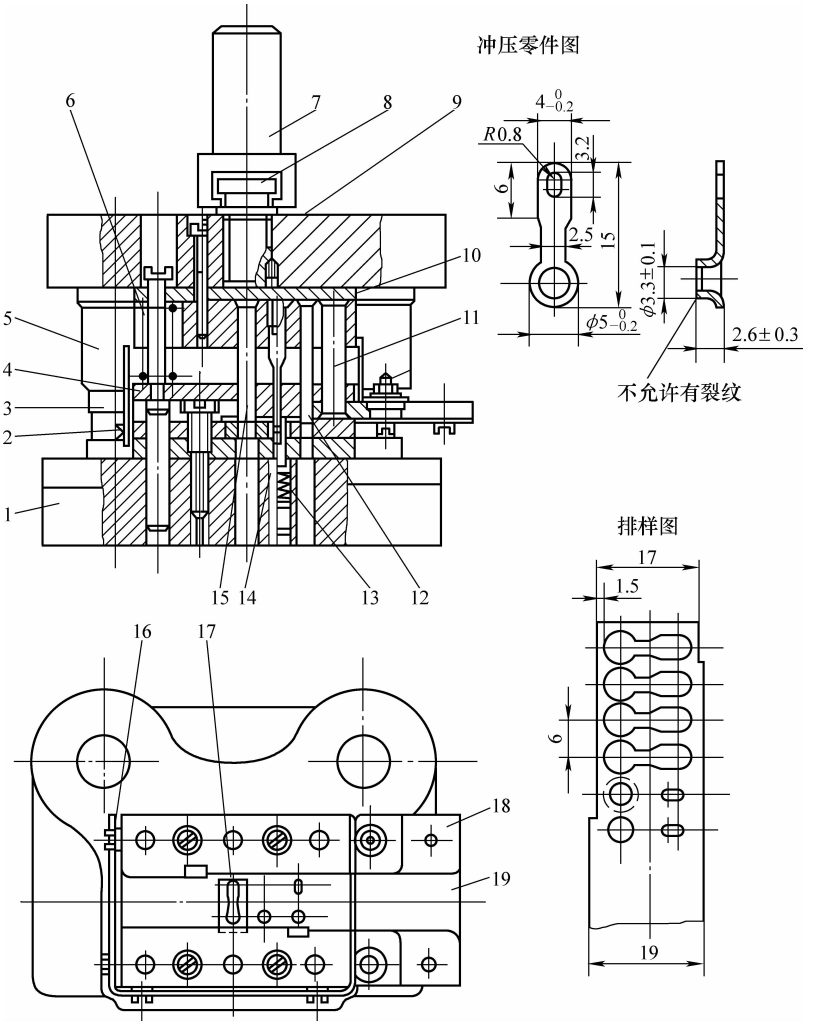


图 7-19　连接片冲孔、翻边、落料连续式复合模

1—下模座　2—螺钉　3—导柱　4—卸料板　5—导套　6—卸料弹簧　7—模柄接头　8—推入式活动模柄　9—上模座　10—垫板　11—小导柱　12—侧刃　13—弹簧　14—翻边凸模　15—落料凸模　16—防护栅　17—镶块　18—导料板　19—承料板

该冲模结构上的主要特点如下：

1）采用推入式活动模柄，可克服压力机滑块导向误差对冲模的影响，确保冲模始终保持均匀一致的间隙，有利于提高冲压精度和冲模寿命。

2）采用 GB/T 2851—2008《冲模滑动导向模架》中后侧导柱模架。该标准Ⅰ级精度模架导套、导柱采用 H6/h5 配合，给定配合间隙为 0.004～0.011mm，远小于该冲件的冲孔间隙，故其导向精度足以保证冲模具有均匀、一致的间隙。

3）为提高细长冲孔及翻边凸模的抗纵弯稳定性，结构上采用了卸料板上加小导柱导向机构，使弹压卸料板承载后不产生横向偏移。同时，采用加厚卸料板，在冲孔及翻边凸模工作时，其工作端卸料板上的相应模孔沿横向对上述凸模给以支承，平衡并消减可能出现的侧

向力，凸模不会折断。

4）采用等长的超长导料板，使条料在导料槽中稳定送进而偏斜较小。冲模制造及总装时，按表 7-5 所给数据控制导料槽尺寸偏差。

表 7-5　连续式复合模导料间隙、条料偏差（推荐值）　　（单位：mm）

原材料（条、带卷）宽度 B	冲压零件料厚 t							
	≤1.0		>1.0～2.0		>2.0～4.0		>4.0～6.0	
	料宽 B 偏差	导料间隙	料宽 B 偏差	导料间隙	料宽 B 偏差	导料间隙	料宽 B 偏差	导料间隙
≤30	−0.20	+0.10	−0.30	+0.10	−0.40	+0.15	−0.50	+0.20
>30～50	−0.25	+0.10	−0.35	+0.10	−0.45	+0.15	−0.55	+0.20
>50～80	−0.30	+0.15	−0.40	+0.15	−0.50	+0.20	−0.60	+0.25
>80～120	−0.35	+0.15	−0.45	+0.15	−0.55	+0.20	−0.65	+0.30
>120～180	−0.40	+0.20	−0.50	+0.20	−0.60	+0.30	−0.70	+0.35
>180～250	−0.46	+0.20	−0.55	+0.20	−0.65	+0.30	−0.75	+0.35
>250	−0.50	+0.25	−0.60	+0.30	−0.70	+0.30	−0.80	+0.35

5）凹模设计有两种结构形式，即落料凹模采用硬质合金镶块和使用整体凹模板。由于硬质合金加工困难且一般工厂不具备加工条件，故只有在产量很大，需要冲模有较高的刃磨寿命及总寿命的情况下，才推荐使用。目前以电火花线切割工艺为主制造冲模。采用整体模板的制模工艺性好，制模周期短，成本低。

7.4.5　螺纹底孔翻边连续模制造中应注意的问题

翻边模，特别是薄料小尺寸、小螺纹底孔翻边成形的多工位连续模，由于含有冲孔、落料等冲裁工位，而零件料厚 t_0 值较小，故在制造中，冲裁间隙应严格保持均匀一致；孔翻边时因要变薄增加凸缘高度 H_0，达到要求的紧螺纹联接长度，控制翻边凸、凹模单边间隙达到 $0.65t_0$ 且要均匀一致。在制模时，工位间的送进与各工位的定位精度，应严格控制。因此，在制造翻边件多工位连续式复合模时，要注意解决好以下一些问题：

1. 冲裁间隙要适中且预冲孔间隙宜小不宜大

为确保良好的翻边质量及足够的翻边凸缘高度，翻边预冲孔取 GB/T 16743—2010《冲裁间隙》中Ⅰ类小间隙，可使预冲孔的孔壁保持较好的冲切面，孔口下部撕裂少，有利于变薄、挤高凸缘的成形。对外形落料冲裁，间隙适中有利于提高冲模寿命。

2. 制模工艺要符合现场制模设备与技术水平

冲模结构及其制造精度的设计，必须与现场制模工艺设备、生产条件与习惯，以及技术水平相适应。广泛采用的电加工制模工艺，以线切割工艺制造冲模优势最为显著，特别是用整体淬火凹模板加工复杂、细小的凹模孔，线切割加工尺寸精度较高，生产率也高；而镶拼组合结构凹模宜采用精密磨削，尤其是成形磨削、坐标磨削加工。使用线切割制模，可将凸模固定板、卸料板、凹模板三板叠齐，一次用线切割切出所有模孔，以确保其良好的同轴度。

3. 尽量使用标准件

为缩短制模周期，提高制模质量并降低成本，应尽量采用相关标准中规定与推荐的各种

冲模零部件标准及技术条件。

4. 推荐使用力矩扳手

总装及拆卸修模时，应使用力矩扳手拧紧螺钉，保证紧螺纹联接有合适的预紧力。

表7-6列出了冲模中常用螺钉的拧紧力矩推荐值，供选用标准力矩扳手时参考。

表7-6　冲模中常用螺钉的拧紧力矩推荐值

螺纹公称直径 d/mm	六角头螺钉对边尺寸 S/mm	内六角圆柱头螺钉内六角对边尺寸 S/mm	拧紧力矩/N·m			备注
			螺钉材料			
			35	45	40Cr	
M3	5.5	—	0.75	0.85	1.6	用扭矩螺钉旋具
M4	7	3	1.8	2	3.9	
M5	8	4	3.5	4	7.5	用力矩扳手
M6	10	5	5	6	11.5	
M8	14	6	12.5	14	26	
M10	17	8	25	28	52	
M12	19	10	43	48	90	
M16	24	12	106	120	216	
M20	30	14	195	220	400	
M24	36	17	345	390	700	
M30	46	19	748	850	1600	
M36	55	24	1320	1500	2700	

7.5　螺纹底孔冷锻成形新技术

在薄板冲压零件上，主要是料厚小于3mm的金属板零件上，用翻边和变薄翻边工艺获取大于料厚的螺纹底孔，达到薄板零件，尤其是承载的薄板结构零件，进行紧螺纹联接所需的孔深，是迄今普遍采用的方法。这种工艺方法并不完善，其主要缺点如下：

1）普通翻边所得凸缘口部变薄，具体减薄量与其翻边系数值有关，一般减薄量为$(0.15\sim0.25)t_0$，使得凸缘部分的壁厚不等，且比原材料厚度小，如在凸缘内壁切制螺纹，其强度大大降低。

2）普通翻边所得竖立凸缘外表是个斜面，因其有锥度而不是一个圆柱面，故不能用作配合面与连接面。

3）变薄翻边由于翻边凸缘比原材料减薄$(0.45\sim0.5)t_0$，故不能具有与原材料一样的强度。

从提高翻边凸缘强度及提高其尺寸精度方面考虑，开发了用模锻带盲孔圆凸台的工艺方法，冷模锻塑性良好、尺寸适中的薄板零件螺纹底孔的新技术。

7.5.1　螺纹底孔的冷锻成形

在一定厚度的塑性好的金属板零件上，采用闭式冷锻模，在板料上不用预冲孔或钻孔，

直接冷冲挤出螺纹底孔，如图 7-20 所示。

用图 7-20 闭式冷锻模在料厚为 0.8 ~ 2.5mm 的板坯上，冷锻如图 7-20a 所示螺纹底孔的过程如下：原材料沿模柄 1 模腔上方的导料槽送入并定位。冷锻盲孔凸模 5 在凹模护套 7 固定端压紧材料后，从其护套中冲出，冲挤材料锻出螺纹底孔为一带底面连皮的盲孔。凸模下的材料，受模腔约束，在凸模锻入材料后，在模腔中围绕凸模将模腔充满，实现重新分配，形成环状的带螺纹底孔的凸台，如图 7-20a 所示。成形后的盲孔连皮，在切制螺纹时可方便地被丝锥去除。

由于冷锻前后材料的体积不变，闭式锻模冷锻过程中不产生毛边与废料。因不加热，也不存在火耗。因此，根据压力加工中的体积不变定律，可以通过常规计算，按加工零件图样，求得参与冷锻成形的毛坯体积，确定冷锻零件的相关尺寸及模具工作零件尺寸。

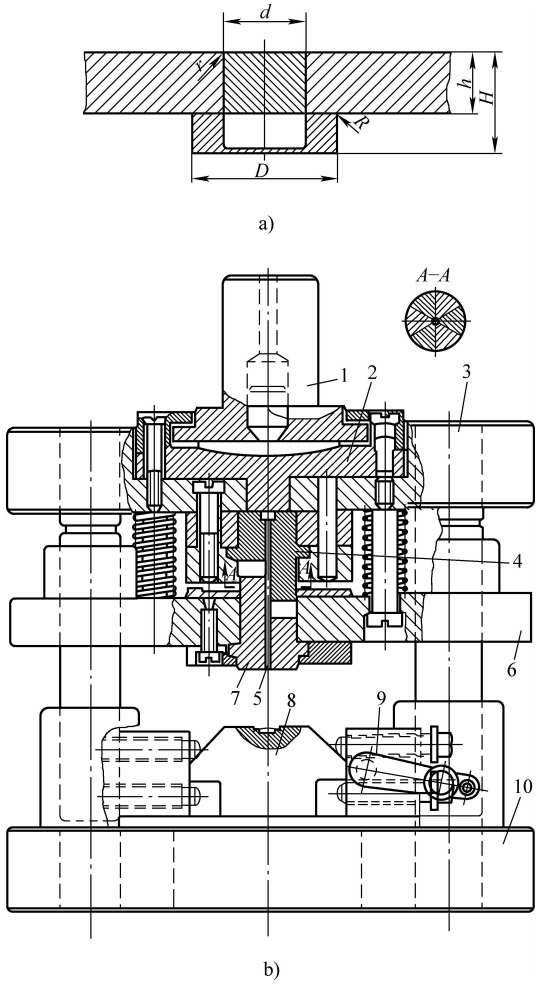


图 7-20　在薄板料上冷锻成形的螺纹底孔及模具

a）冷锻成形的螺纹底孔形状及尺寸

b）冷锻螺纹底孔的闭式冷锻模

1—模柄　2—浮动模柄座　3—上模座

4—凸模全行程扇形块护套　5—冷锻盲孔凸模

6—导板　7—凸模护套　8—凹模　9—夹持器　10—下模座

7.5.2　工艺参数的确定

1. 用冷锻法成形的螺纹底孔尺寸

冷锻螺纹底孔的推荐尺寸系列见表 7-7。

2. 冷锻入模腔材料体积

冷锻入模腔材料体积 V_S 可按下式计算：

$$V_S = 0.785(D^2 - d^2)(H - h) \tag{7-32}$$

表 7-7　冷锻螺纹底孔的推荐尺寸系列

螺纹					孔					
直径/mm			螺距/mm	断面高度/mm	d/mm	D/mm	h/mm	H/mm	r/mm	R/mm
外径	中径	内径								
2	1.740	1.567	0.40	0.216	1.7	2.5	0.8	1.4	0.1	0.1
2.5	2.208	2.013	0.45	0.264	2.1	3.4	1	1.6	0.2	0.1
3	2.675	2.459	0.50	0.270	2.6	3.8	1	1.8	0.2	0.1
4	3.546	3.242	0.70	0.379	3.4	5	1.5	2.7	0.3	0.2
5	4.480	4.134	0.80	0.433	4.3	6.8	2	3.3	0.3	0.2
6	5.350	4.918	1	0.541	5.1	7.6	2.5	4	0.4	0.3

注：d、D、h、H、r、R 参见图 7-20a。

考虑模腔因润滑剂涂覆和冷锻后材料收缩等因素，应使模腔容积比式（7-32）计算结果大2%左右，故模腔容积 V_M 应按下式计算：

$$V_M = 0.785(D^2 - d^2)(H - h) + 0.02 \times 0.785 d^2 h \tag{7-33}$$

当已知薄板零件上的螺纹外径后，其底孔 d、D、H、h 等数值均可从表7-7查得，再按式（7-32）、式（7-33）求得 V_S、V_M，便可按常规计算确定模腔各部分尺寸。

3. 闭口模冷锻压力

闭口模冷锻压力可按下式计算：

$$F_0 = AR_{eL}K_1K_2 \tag{7-34}$$

式中，F_0 为螺纹底孔冷锻成形压力（kN）；A 为冷锻螺纹底孔成形部分水平投影面积（mm^2）；R_{eL} 为根据已知变形程度而考虑到材料冷锻强化后的屈服强度（MPa）；K_1 为闭口冷锻模无毛边冷锻材料应力状态系数，取1.7～2；K_2 为安全系数，取1.3～1.6。

7.5.3　冷锻螺纹底孔模的结构设计

1. 整体结构

根据冷锻工艺的特征及需要，设计如图7-20b所示冲模。其整体结构采用加强型滑动导向中间导柱模架、强力弹压卸料板导向结构。为确保模架导向精度，消除压力机动态精度偏差的影响，采用浮动模柄。加厚模座及导板的模架，保证了模具的刚度及良好的运作稳定性。

2. 结构特点

1）凸模加固与导向结构稳定可靠。该冲模虽然凸模细长，但采用了全行程扇形块护套加固和横向支承，并将护套装在上模座与导板间，导板挂装在模架导柱上，稳固、可靠、导向准确。

2）整体式凹模。凹模模腔小而模体厚实，采用整体式凹模坚固、耐用。

3）控制冲压行程。导柱下端装定套，控制上模下行位置，十分安全。

4）加强型模架。冷锻冲击力大，加粗导柱，加厚模座，提高承载能力及模架刚度。

7.6　翻边件多工位连续式复合模典型结构实例

多数以翻边、扳边冲压加工为主要作业内容的翻边零件，除必须含有翻边预冲孔及落料等冲裁工步外，往往还有冲切沿边、搭边、各种孔及凹口，甚至还有弯曲、压凸等其他成形工步，增大了这种冲压零件的一模成形用连续式复合模的结构设计难度。

下面介绍的翻边件多工位连续式复合模，在其结构设计中，较好地解决了翻边、扳边工步中的问题，以及其他冲裁与成形工步的排布、翻边工步的关系，整体结构设计也各有特点，值得推广应用。

7.6.1　底板冲孔、翻边、落料三工位连续式复合模

该零件是一个具有群孔的平板翻边零件，翻边凸缘外径 $\phi 9.2^{+0.2}_{0}$ mm，凸缘高度 $H = 0.5\text{mm} + 2.5\text{mm} = 3\text{mm}$，而零件料厚 $t_0 = 0.5\text{mm}$，预冲孔直径为 $\phi 6.6\text{mm}$。该零件为 $R6\text{mm}$ 半圆头的长×宽 $= 33\text{mm} \times (15.2 \pm 0.1)\text{mm}$ 矩形平板。翻边凸缘在半圆头中心。由于该零件尺寸精度要求较高；两角部的 $\phi 1.5\text{mm}$ 小孔，其孔距公差为（17.2±0.1）mm、零件外形

落料宽度及公差为（15.2 ±0.1）mm。

该零件采用有搭边单列横置直排排样，通过分工位冲切，即冲孔、翻边及落料，由三个工位分工步完成，最后组合在落料工位上，经落料而成一个合格零件。根据冲压零件图样及排样图、设计成图 7-21 所示冲模。该冲模为滑动导向对角导柱模架、弹压卸料三工位连续式复合模。其主要结构特点如下：

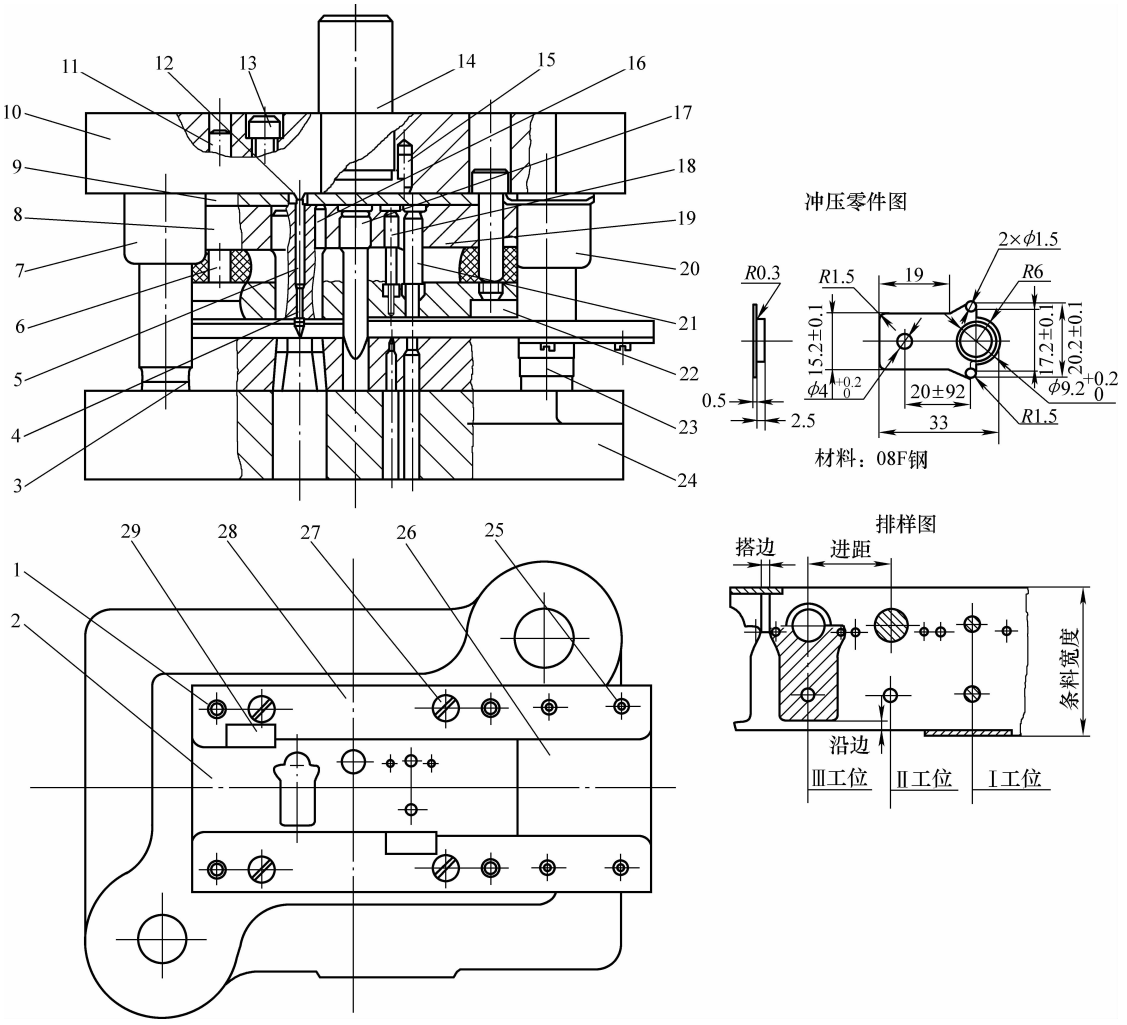


图 7-21　底板翻边三工位连续式复合模

1、3—凹模　2、11、15—圆柱销　4—导正销　5、16—落料凸模　6—卸料螺钉　7、20—导套　8、19—固定板　9—垫板　10—上模座　12—顶杆　13、25、27—螺钉　14—模柄　17—翻边凸模　18、21—冲孔凸模　22—卸料板　23—导柱　24—下模座　26—承料板　28—导料板　29—侧刃

1）该冲模按照连续冲压工艺的要求，设计了三个工位，第Ⅰ工位冲零件上三个设定孔和一个翻边预冲孔，共四个孔，在一个工位中冲出，确保孔的位置度及孔距公差；第Ⅱ工位翻边获得 $\phi 9.2^{+0.2}_{0}$mm 凸缘，其高度为 3mm；第Ⅲ工位整体落料，制成成品零件。

2）该冲模使用板裁条料冲压，用两组、分置于导料槽两边的矩形侧刃控制送料进距精度，偏差不大于 ±0.1mm。为保证落料尺寸和零件上群孔与外廓的同轴度、位置度，在落料凸模上安装了导正销，以校准送料误差，进行微调。侧刃与导正销构成了该冲模的送料定位

系统。

3）卸料、卸件系统主要用硬橡胶块作为弹性元件的弹压卸料板，既可在冲裁时卸料，也可用于翻边卸件。由于零件料薄尺寸小，卸料力与卸件力都不大，该结构使用没问题。

7.6.2　仪表视窗内外缘扳边成形连续式复合模

图 7-22 所示冲压零件为一航空仪表视窗，尺寸精度虽要求不高，但对其冲压形状，除产品装配要求其内外缘有一定夹紧力外，对其外观要求圆滑、无擦伤划痕，后续镀装饰铬。

分析该零件形状可以看出：长 × 宽 = 27mm × 5mm 的视窗口为正规矩形，对应两短边为高 7mm 的半圆头夹脚；对应两长边为高 2.5mm、底边长 27mm 的梯形，为小圆角内缘扳边，接近直边弯曲 90°；视窗口外缘为长圆形；两头为直径 ϕ14mm 的半圆，总长达 43mm。

采用有搭边排样，主要工艺参数如下：

1）原材料选用带料。

2）搭边 $a = 2\text{mm}$。

3）沿边 $b = 1.5\text{mm}$。

4）进距 $S = B_{件} + a = 14\text{mm} + 2\text{mm} = 16\text{mm}$。

5）侧刃切边宽度 $C_z = 2\text{mm}$。

6）带料宽 $B_{料} = L_{件} + 2b + 2C_z = 43\text{mm} + 2 \times 1.5\text{mm} + 2 \times 2\text{mm} = 50\text{mm}$。

根据既定冲压工艺排样，并设置冲压工位如下：

第Ⅰ工位，切舌并向上弯 90°。

第Ⅱ工位，空挡。

第Ⅲ工位，冲视窗口中结构废料条。

第Ⅳ工位，空挡。

第Ⅴ工位，内外缘扳边并落料。

由于送料进距 S 仅 16mm，凹模相距太近，特别是第Ⅲ、Ⅴ工位，如不加中间空挡的第Ⅳ工位，把两者间距拉大，凹模壁厚太小，内外缘复合扳边，工件要反向顶出模上出件，顶件器将无安装位置，凸模在其固定板上也无足够安装位置，如图 7-22 所示模具图。

该冲模在结构设计上有以下特点：

1）第Ⅰ工位的切舌弯曲是反向由下朝上切开并弯 90°，见图 7-22 剖视图 *E*—*E*。这种排样方式使原材料接触凹模表面为一平面，送料顺畅、方便；Ⅰ工位将切舌及弯曲在同一工位复合冲压。凸模在下模，便于设计其加固结构，修理与更换也方便；上模用固定卸料板即可方便卸料；下模按零件落料外形与尺寸装设顶件器，将原材料夹紧校平后才切舌、弯曲。这样保证第Ⅲ工位能准确冲出切口尺寸，使内缘扳边高度符合要求。

2）第Ⅴ工位内孔扳边的凸模安装在下模，形成内外扳边复合冲压的凸凹模。而落料凸模还要承担外缘与内缘扳边。压好的零件在落料后，由下模的弹压顶件器和上模的凸模内装的弹压卸件器，将零件从模腔推出，稳稳地留在凹模表面，随时用自动拨动器将零件拨出模。

3）第Ⅴ工位落料凸模中装的弹压伸缩式卸件器结构很新颖。卸件器 14 上部弹簧 13 下装有横轴销 12。当上模下行冲压时，限位柱 11 挡住横轴销 12，控制卸件器下行位置。当上

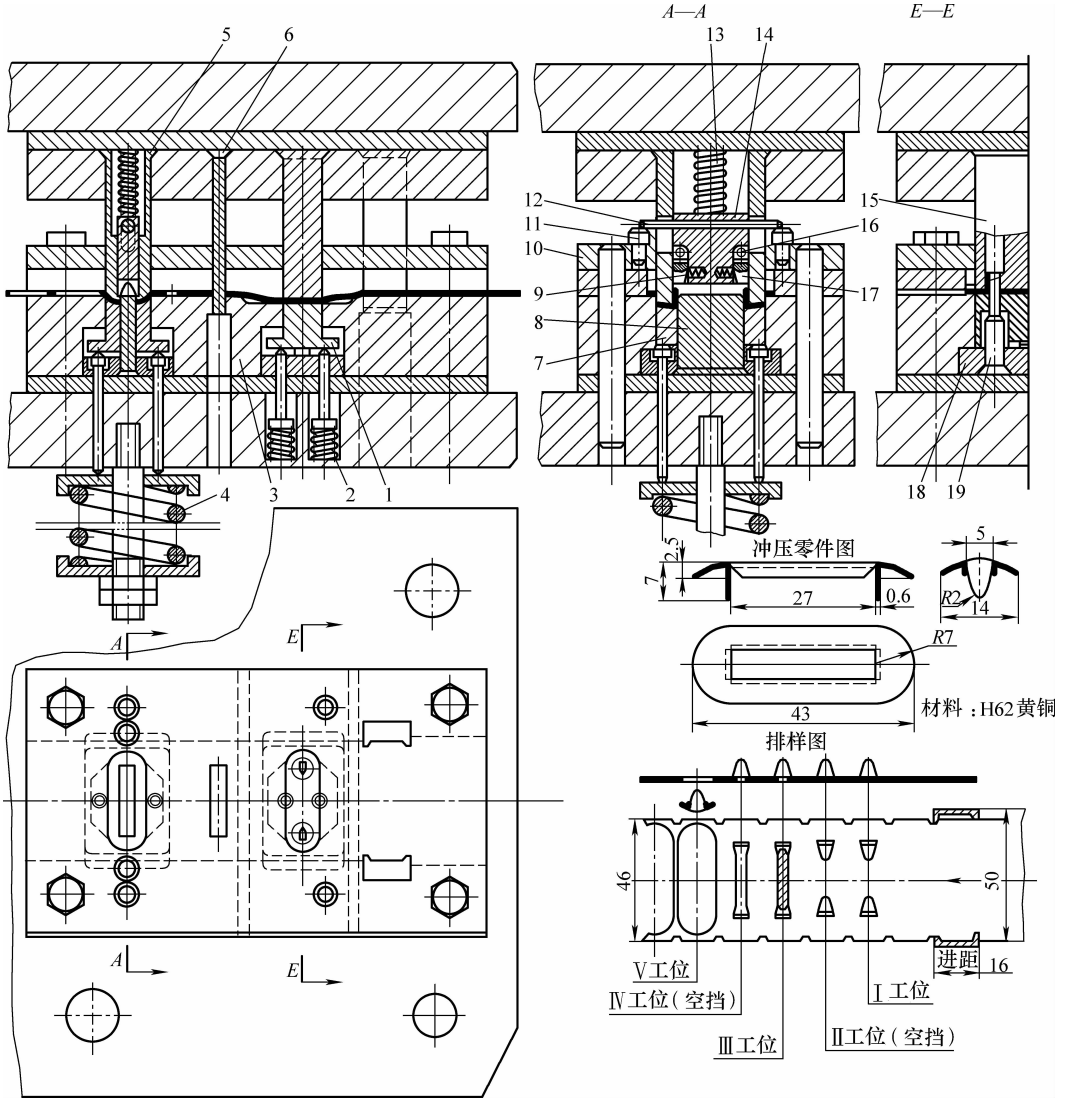


图 7-22　仪表视窗内外缘扳边成形连续式复合模

1—弹顶压料器　2、4、13—弹簧　3—凹模　5—落料凹模　6—冲裁凸模　7—顶件器
8—扳边凸模　9—可伸缩卸料爪　10—固定卸料板　11—限位柱　12—横轴销　14—卸件器
15—切舌弯曲凹模　16—转轴　17—卸料爪　18—固定板　19—切舌弯曲凸模

模完成内外缘扳边回程上升时，由于横轴销 12 下的空洞，使卸件器 14 滞后于凸模一段长度至其下边空洞接触横轴销 12 才被提升。卸件器滞后于凸模返程这段长度，正好冲出凸模卸下工件。由于料薄、内缘扳边高度小，为顺畅卸件、保证不损坏工件，卸件器两边装有可伸缩式卸件爪。卸料爪嵌装在卸件器侧边的轴销上，可沿横向左右伸缩，但受其下部弹簧的推动，始终向外扩张，使卸料爪贴凸模内壁，能及时顺畅卸下工件。

7.6.3　连接板冲孔、翻边、落料连续式复合模

图 7-23 所示零件形状简单，而且尺寸精度要求不高。整个零件的冲压工步为：冲孔、

翻边、落料，而且翻边与落料二工步复合冲压，在一个工位上完成。这套冲模仅有两个冲压工步，但采用三个工位，中间加一个空挡工位，使冲压工步拉开，以利于提高凹模强度、保证凸模在固定板有足够的安装位置。这是一套普通翻边零件的连续式翻边复合模的典型结构，适于采用板裁冲压，也可用带料连续冲压。

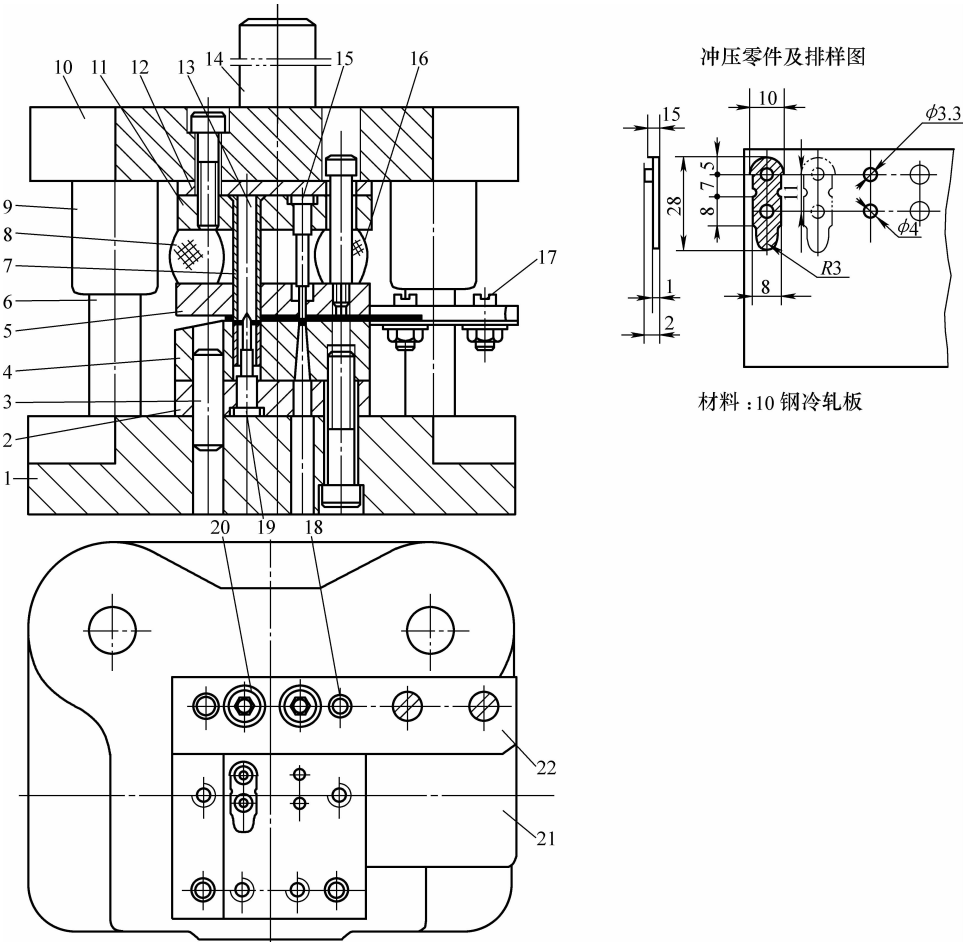


图 7-23　连接板冲孔、翻边、落料连续式复合模

1—下模座　2—固定板　3、18—圆柱销　4—凹模　5—卸料板　6—导柱　7—落料凸模　8—橡胶块　9—导套　10—上模座　11—固定板　12—垫板　13—翻边凹模　14—模柄　15—冲孔凸模　16—橡胶块　17—螺钉　19—翻边凸模　20—内六角螺钉　21—承料板　22—导料板

7.6.4　法兰盘冲孔、翻边、落料连续式复合模

图 7-24 所示零件是一个普通圆孔翻边零件，主要难点是料厚较大（$t_0 = 3.5\text{mm}$），属于中厚板的翻边加工。冲孔、落料所需冲裁力较大，会引发较大的振动以及由振动产生的冲裁噪声。为此，该零件连续冲压采用分工位冲切，最后工位组合整体落料，获得成品零件；采用预冲孔翻边，预冲孔直径 $d = \phi 29.2\text{mm}$；采用有搭边、有沿边排样，进行有废料冲裁，见图 7-24 排样图；采用板裁条料或带料，用侧刃切边定位，用导正销导正翻边凸缘内孔后落

料。

（1）工艺参数　按冲压零件料厚 $t_0=3.5\text{mm}$，取搭边 $a=3\text{mm}$，沿边 $a_1=2\text{mm}$，侧刃切边宽度 $C_z=4\text{mm}$，从而求出：

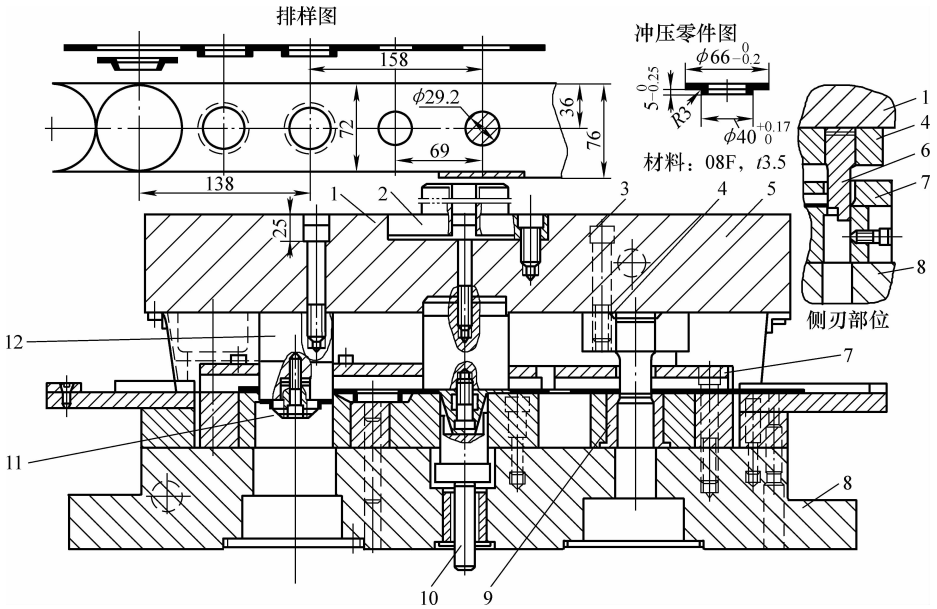


图 7-24　法兰盘翻边连续复合模

1—上模座　2—模柄　3—翻边凸模　4—固定板　5—凸模　6—侧刃
7—固定卸料板　8—下模座　9—凹模　10—顶杆　11—导正销　12—落料凸模

送料进距 $S=d_{件}+a=66\text{mm}+3\text{mm}=69\text{mm}$。

条料宽度 $B_{料}=d_{件}+2a_1+C_z=66\text{mm}+2\times3\text{mm}+4\text{mm}=76\text{mm}$。

（2）连续冲压工艺过程　冲孔 $\phi29.2\text{mm}$，翻边（凸缘外径 $\phi40\text{mm}$），落料。由于预冲孔 $\phi29.2\text{mm}$、翻边凸缘外径 $\phi40\text{mm}$、落料直径 $\phi66\text{mm}$，而送料进距 S 仅 66mm，相邻工步距离太近，难以满足结构与安装要求最小间距，故在两工步之间加一个空挡工位，该冲模便成为三工步五工位连续式复合模。

为适应厚板冲裁与翻边，结构上采取如下措施：

1）采用滑动导向后侧导柱加强型模架。模座加厚，导柱加粗，确保冲模稳定运作，具有良好的整体刚度。

2）冲模进出料两端均安装加长导料板与承料板，保证送出料平稳。

3）采用镶拼式结构，凹模按工位拼接；凸模按冲压工步拼装紧固。

4）采用加厚的固定卸料板及防护屏，以消减噪声。

7.7　翻边模及多工位翻边成形连续式复合模结构设计的一些提示

翻边成形的难点在于将平板毛坯冲制成立体形凸缘。翻孔亦称内缘翻边，把平板带孔毛坯，冲出垂直的凸缘。扳边则是将内凹和外凸的弧形曲线边，扳成垂直竖起或有一定角度倾斜的凸缘。因此，翻边模的结构设计都是依翻边凸缘的形状及工艺确定的成形方式进行设计的。

7.7.1　采用弹压卸料导板式翻边成形模结构

图 7-25 所示为轴盖弹压卸料导板式落料、拉深、穿孔翻边复合模。该冲模直接用板裁条料经落料、拉深，再由预冲孔翻边双重组合凸模一次穿孔翻边，完成冲压工作。冲压零件料薄、尺寸小，为提高生产率，该模具在同一工位安排三个模位，并使其围绕模具压力中心呈 120°等距离布置，可同时冲制三件。

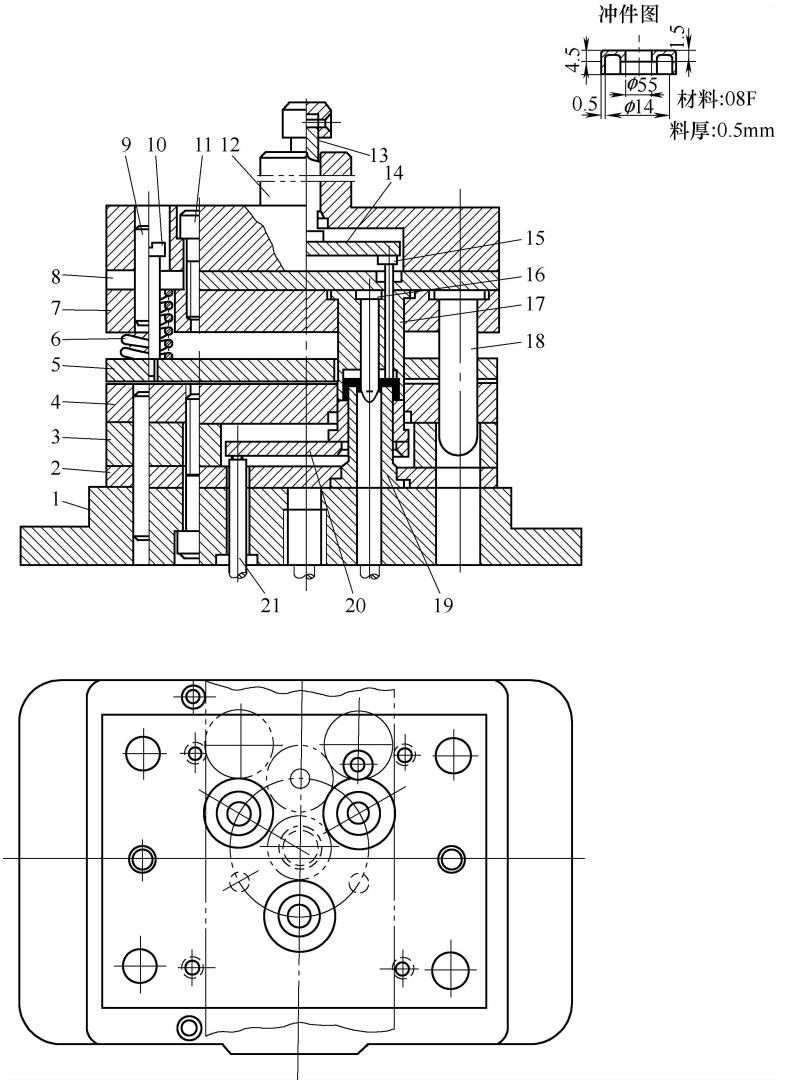


图 7-25　轴盖弹压卸料导板式落料、拉深、穿孔翻边复合模

1—下模座　2—下固定板　3—空心垫板　4—凹模　5—弹压卸料版　6—弹簧　7—上固定板　8—垫板　9—销钉　10—卸料螺钉　11—内六角螺钉　12—带模柄模座　13—打料杆　14—推板　15、21—顶杆　16—冲孔翻边凸模　17—落料凸模　18—导柱　19—拉深凸模　20—顶板

该冲模不用模架，模体精小而结构紧凑。其主要结构特点如下：

1）采用顺装结构、弹压卸料板，模上推卸或吹卸出件。

2）整体结构用不同材质、不等料厚的八层模板（如模芯、导柱）叠装而成。闭合高度小，工作行程小，模体小，用料省。

3）上、下模导向用装在凸模固定板上的四根导柱与下模四角的四个导柱孔，采用基孔制 H7/h6 配合，实现高精度导向。

4）用挡料销和导料销对送进条料导向、定位。

5）所用模板、模座均为标准件和半标准件，标准化程度较高。

7.7.2　采用多工位连续式复合模结构

图 7-26 所示为扣环导柱模架两工位四工步连续式复合模。这类冲模不仅在薄料冲压中

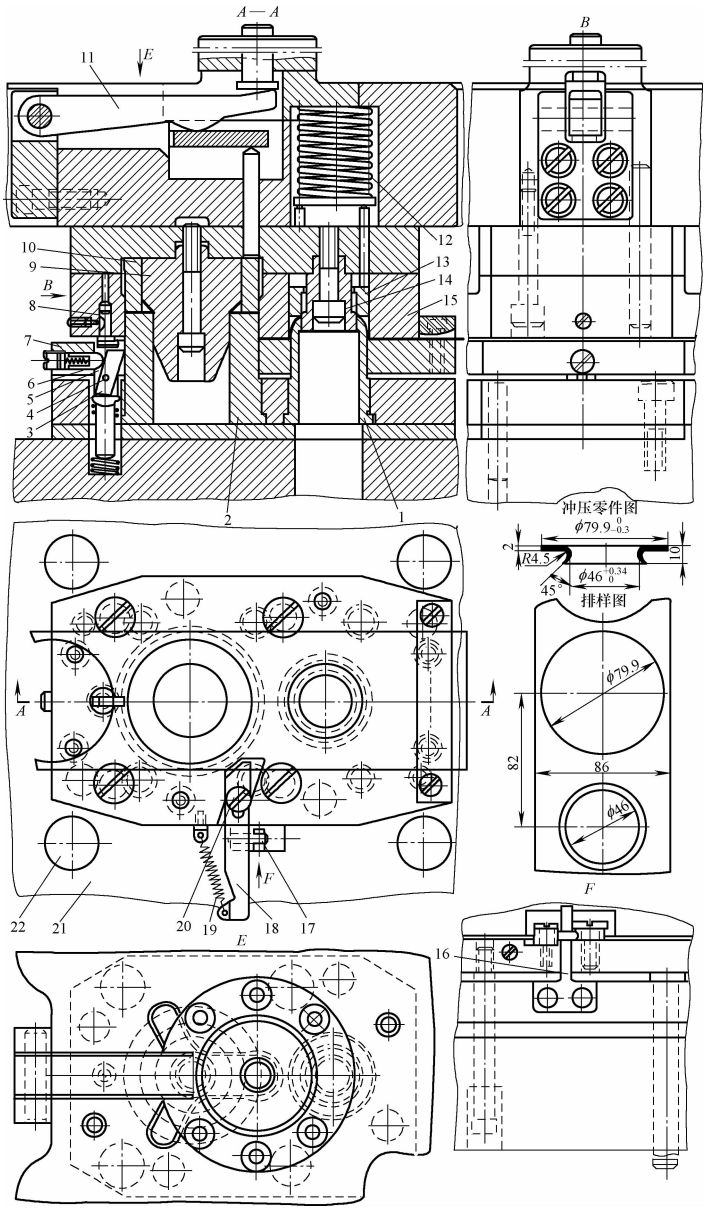


图 7-26　扣环导柱模架两工位四工步连续式复合模

1—翻边凸模　2—落料凸模　3—活动挡料销　4—挡销轴　5—销筒　6—弹顶销　7—卸料板　8—顶销　9—压弯成形凸模　10、13—卸件器　11—杠杆　12—弹簧　14—冲孔凸模　15—翻边凹模　16—始用挡销支架　17—转轴　18—始用挡料销　19—拉力弹簧　20—调节螺钉　21—下模座　22—导柱

具有先校平板料而后冲压，从而提高冲压件平面度、几何精度的优点，而且冲压精度较高。高精度、高效率、高寿命的“三高”冲模大多采用这种结构形式。第Ⅰ工位进行冲孔—翻边复合冲压，第Ⅱ工位进行压弯成形—落料复合冲压。成品冲压件在模上推卸出模。该模具虽仅有两个工位，但能完成冲孔、翻边、压弯成形、落料四工步工艺作业，比单冲模效率高 3 倍以上，冲压件的同轴度高，尺寸精度也较好。其缺点是模上出件，如无专门推卸冲压件装置，有时会因卸料动作与冲压动作不协调而不能连续冲压。

该冲模的结构紧凑，整体刚度好。采用四导柱加厚模座标准模架，由六件强力压簧支撑的卸料板上装有四件（每侧两件）侧边挡料柱（销），进料端装有导料槽压条，确保送进条料进入导料槽后，两侧边有两组柱销限位，送料平直顺畅。条料首次送进时，由始用挡料销 18 定位，首先进行冲孔—翻边复合冲压。当上模回程时弹压卸料板从翻边凸模 1 上将条料推卸下来，弹顶销 6 上升，脱离活动挡料销 3，使活动挡料销 3 摆直，由其下部的弹顶器将其向上顶出卸料板，对第Ⅱ工位送进条料挡料。经翻边的工件送到第Ⅱ工位后，压弯成形凸模 9 头部会导正后进行压弯成形—落料复合冲压。在上模上升后靠模柄中的顶杆，通过推板和推杆推动卸件器 10，推卸冲压件出模到模具工作面。杠杆 11 的转轴安装见 *F* 向视图。从 *E* 向视图中可以看出卸件系统的整体构成及卸件方法。该冲模凸、凹模均采用压入嵌装结构，可用精车与精磨达到很好的加工精度与更低的表面粗糙度。

7.7.3　仪表及电器元件的产品装配与组件连接翻边作业模具结构设计

有些小型仪器仪表产品总装、电器元件组件连接，采用翻边获得合适凸缘后再压合夹牢紧固，见图 7-27。这种用冲压成形超薄金属板实现产品装配零部件连接的工艺技术属于装配与连接技术的主要组成部分之一。通常是用产品装配流动生产组上的脚踏或手扳小型压力机，安装图 7-28 所示配套的结构简单的小型翻边模，实施翻孔后压形，将两个匹配零件冲压叠合在一起。

如上所述这种装联工艺技术，在产品结构轻型化改进中，用薄板与超薄板金属冲压件取代铸、锻及切削加工零件构成的承载结构中，可以大有作为，故值得关注。

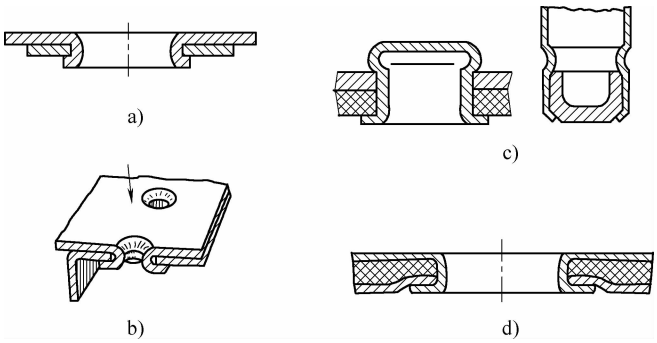


图 7-27　金属薄板零件翻边压合的一些结构形式

a）预冲孔翻边叠压连接　b）无预冲孔穿刺翻边连接　c）、d）多件压合连接的结构形式

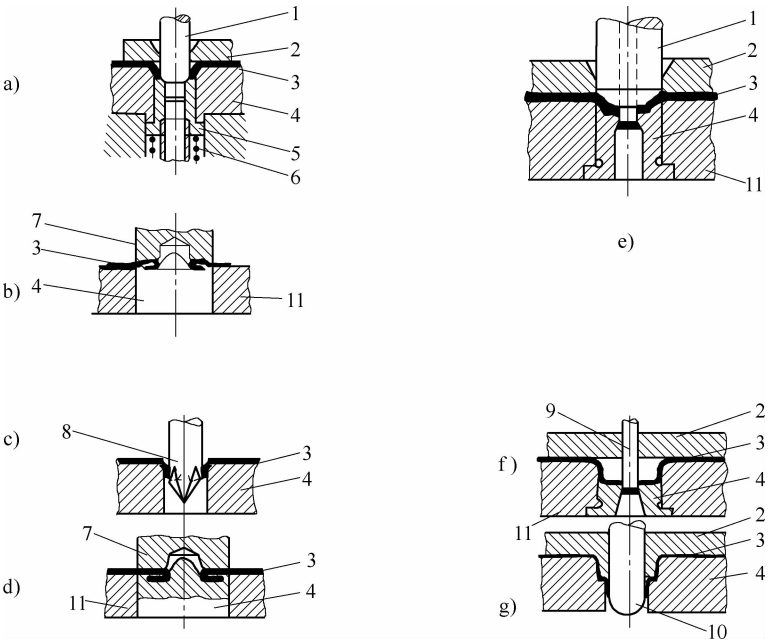


图 7-28　翻边压合实施装配与连接的冲模结构

a）、b）穿孔翻边后压合的成套冲模结构

c）、d）无预冲孔穿刺翻边后压合的成套冲模结构

e）埋头螺钉锥穴沉孔无预冲孔的穿孔翻边模结构

f）、g）凸包底部预冲孔翻边的成套冲模结构

1—穿孔翻边凸模　2—压料板　3—工件　4—凹模、凹凸模　5—卸（顶）件器　6—弹簧　7—压合凸凹模

8—穿刺翻边凸模　9—冲孔凸模　10—翻边凸模　11—凹模框

第 8 章　板料的冲压成形及模具结构设计

8.1　板料的冲压成形工艺及种类

8.1.1　板料的冲压成形工艺

在板料冲压过程中，基本工序只有分离工序和成形工序两类。其中，分离工序包括落料、冲孔、剪切、切口、切边、剖切等冲裁工艺作业；成形工序包括弯曲、卷圆、扭曲、拉深、变薄拉深、翻边、扳边、缩口、扩口、起伏、卷边、胀形、凸肚、整形、校平、压印等变形工艺作业。

冲压中成形工序的实质，就是将板状毛坯或半成品坯件放入成形模的模腔中，在压力机的压力作用下，原材料的应力超过其屈服强度，受模腔形状或模具功能的制约，按设定形状及方式变形，并达到要求的形状与尺寸。由于拉深、弯曲等变形作业的成形工序，是板料冲压中使用广泛的主导成形工序，通常都是单独从成形工序中分列出来，而把其他的变形作业方式，包括上述成形工序中所列的除去弯曲、拉深、变薄拉深之外的所有变形作业，都归纳为成形工序，并统称为板料的冲压成形。

8.1.2　板料的冲压成形工艺种类

图 8-1 所示为板料冲压成形实例。从图 8-1 可以看出，成形加工的零件形状多而复杂，多数成形加工是对板料已冲压成形的半成品或毛坯，通过局部冲压变形作业，改变其形状与尺寸。从其变形特点分析，不少成形作业是相似和基本相同的，如图 8-1a ~ e、k ~ n 所示，通常的压筋、打凸、压包等，通称起伏成形，就像局部浅拉深。一般情况下，起伏成形在零件局部压凹和打凸，必然使料厚减薄，表面积增大。当压筋、压包、打凸等的平面尺寸较大而成形高度超过两倍料厚，实际上已成为拉深成形了。图 8-1i 所示的平面为圆形的仪表弹性元件膜片、图 8-1j 所示的仪表波纹管等都是成形难度较大，也并非一般起伏成形可以完成的冲压作业，尽管有一些变形特征已超出了起伏加工范围，似含有拉深与弯曲变形的特征，但习惯上仍将其划归起伏成形范畴。

图 8-1h 所示百叶窗的成形作业，因其切开部分材料而使其成形加工的性质受到质疑。实际上，其作业特点类似翻边成形，是板料冲压加工中，特别是门窗、罩盖及外饰壳体冲压加工中常用的一种成形加工方法。

枪弹壳缩口及管接头扩口是众所周知的成形加工实例，见图 8-1p，其变形特点以压缩与拉伸应变为主，都会使料厚发生改变。

板料冲压成形的方式与加工对象越来越多，还在不断拓展。板料冲压成形的冲模结构设计，应以满足冲压成形零件的技术与工艺要求为目标，以生产出合格成形冲压零件为目的，以成形零件图样和成形工艺为依据，从现场生产条件及制模单位的技术水平与制模能力出发，设计出技术上先进而实用的成形模结构。

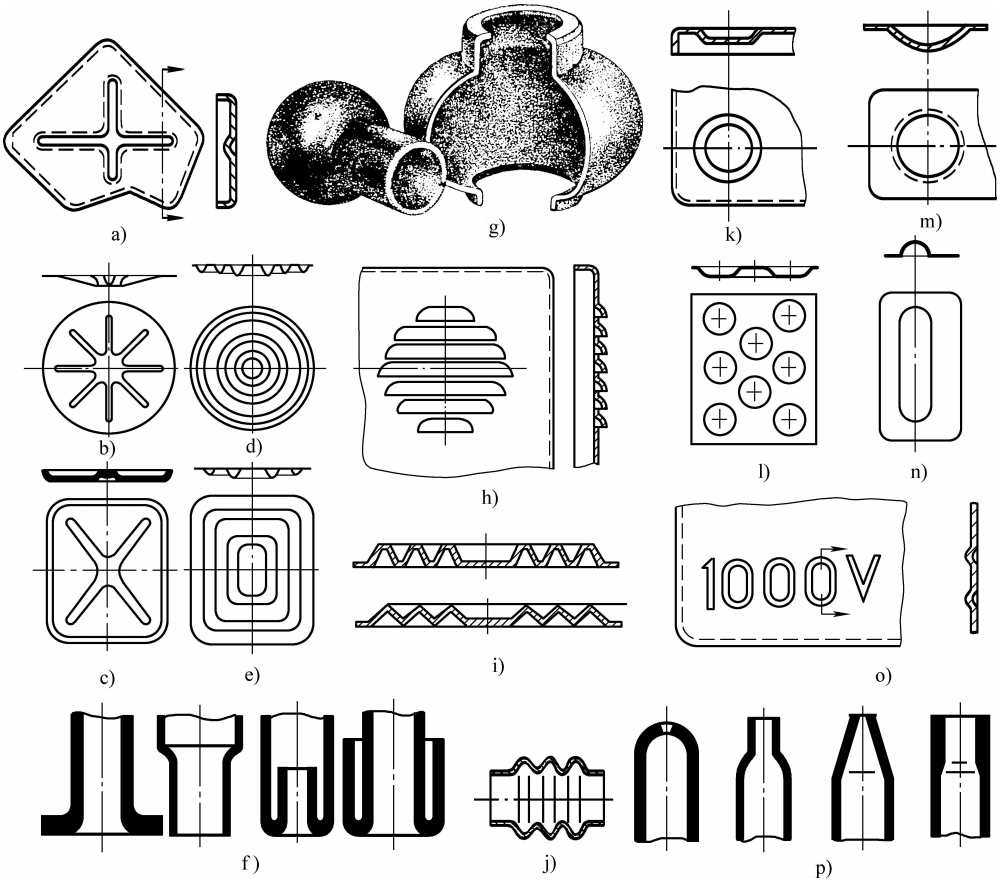


图 8-1　板料冲压成形实例

a）～e）压筋　f）旋压成形　g）胀形凸肚　h）百叶窗成形　i）仪表膜片、膜盒　j）波纹管　k）、l）打凸包　m）、n）打凸、压槽　o）压字、压花、打标记　p）缩口、封口成形

从成形模结构设计的需要，考虑各种成形冲压的变形特点，兼顾各种成形工艺的分类，除了弯曲、拉深、翻边与扳边外，还可以概括为如下几类：

1）胀形，包括：凸肚、打凸、压筋、压包等局部变形冲制。

2）旋压，又称赶形。

3）缩口与扩口。

4）校平与整形。

5）压印、压花与打标记，也属于起伏成形之类。

8.2　胀形工艺及胀形模结构设计

胀形是板料冲压的成形工序中使用广泛，而加工工艺类型较多的冲压工艺作业。胀形是利用平板毛坯或拉深后的空心坯件、管截段等立体形毛坯，通过合适的既定成形模，使坯料局部发生变形而减薄厚度，增大表面积达到要求的形状。胀形时，材料变形区是处于双向拉应力状态，故进行胀形的材料应具有良好的塑性，同时要控制其许用变形程度，防止胀形时破裂。

8.2.1　平板毛坯的胀形

胀形模腔中的平板毛坯在凸模冲击下，按既定模腔形状，产生局部的凹下与凸起，达到成形的目的，这种工艺通称起伏。在现场进行的这类起伏加工主要有：

1）压制不同类型与断面形状的加强筋，见图 8-1a ~ e。

2）打凸包，见图 8-1k、m。

3）压花，如艺术装饰品的浮雕、像章、纪念章。

4）压字、压标志，见图 8-1o。

5）弹性元件膜盒、膜片的加工，见图 8-1i。

上述各种起伏作业，应用广泛，特别是压加强筋，是用薄料取代厚料制造各种容器、车辆、门窗等的主要工艺手段。这种平板起伏作业，除用普通全钢冲模外，用橡胶或液体的软模也相当普遍。

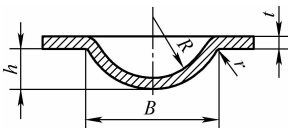
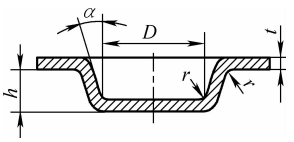
由于各种起伏成形是让材料承受拉伸应力，使其减薄而起伏成形。为使起伏加工中保证材料不破裂，应按下式控制其变形程度 $K_{伏}$。

$$K_{伏}=\frac{L-L_0}{L}\times 100\% \leqslant 0.75A \tag{8-1}$$

式中，L 为起伏成形后沿截面的材料长度（mm）；L_0 为起伏成形前原材料长度（mm）；A 为材料的伸长率（%）。

推荐的有关压筋与打凸包尺寸见表 8-1、表 8-2。

表 8-1　压加强筋和打凸包尺寸

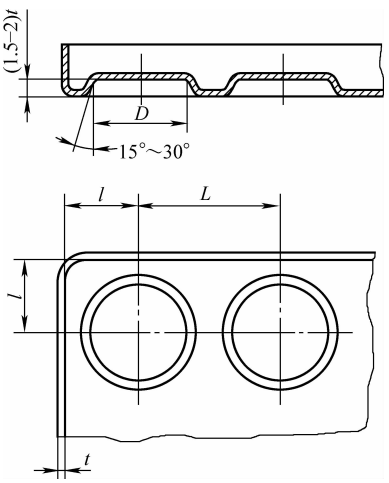
名称	压加强筋与打凸图	相关尺寸				
		R	h	B 或 D	r	α
加强筋		（3 ~ 4）t	（3 ~ 2）t	（7 ~ 10）t	（1 ~ 2）t	—
打凸包		—	（2 ~ 1.5）t	≥3h	（0.5 ~ 1.5）t	15° ~ 30°

冲制加强筋及类似成形冲压时，所需冲压力推荐用下式进行近似计算：

$$F=K_{\mathrm{j}}LtR_{\mathrm{m}} \tag{8-2}$$

式中，F 为所需冲压力（N）；L 为加强筋长度（mm）；R_{m} 为冲压材料抗拉强度（MPa）；t 为零件料厚（mm）；K_{j} 为与加强筋尺寸相关系数，一般取 0.7 ~ 1，当筋的宽深比小于 2 时，取 0.7。

表 8-2　打凸包间距及边距　　（单位：mm）

打凸包简图	D	L	t
	6.5	10	6
	8.5	13	7.5
	10.5	15	9
	13	18	11
	15	22	13
	18	26	16
	24	34	20
	31	44	26
	36	51	30
	43	60	35
	48	68	40
	55	78	45

8.2.2　立体形拉深空心坯件胀形

多数圆筒形拉深坯件的胀形通称凸肚。这种立体空心坯件的胀形是坯件口部以下局部向外扩张成设定形状，其变形依靠材料的切向拉伸应力，并受其塑性的制约。其胀形的变形程度用凸肚系数 $K_{凸}$ 表示，用下式计算：

$$K_{凸}=\frac{d_{max}}{d_0} \tag{8-3}$$

式中，d_{max}为凸肚胀形后的最大直径（mm）；d_0 为凸肚胀形前坯件直径（mm）；$K_{凸}$ 为凸肚胀形系数，见表 8-3、表 8-4。

表 8-3　凸肚胀形系数 $K_{凸}$ 近似值

材料	坯件相对厚度（t/d_0）×100			
	0.45～0.35		0.32～0.28	
	不退火	经过退火	不退火	经过退火
10 钢	1.10	1.20	1.05	1.15
铝、黄铜	1.20	1.25	1.15	1.20

表 8-4　各种材料 $K_{凸max}$ 及其许用切向伸长率 A（试验值）

名称	牌号	料厚 t/mm	$K_{凸max}$	许用切向伸长率 A（%）
铝合金	3A21	0.5	1.25	25
纯铝	1070A、1060	1.0	1.28	28
	1050A、1035	1.5	1.32	32
	1200	2.0	1.32	32
黄铜	H62	0.5～1.0	1.35	35
	H68	1.5～2.0	1.40	40

（续）

名称	牌号	料厚 t/mm	$K_{凸max}$	许用切向伸长率 A（%）
低碳钢	08F	0.5	1.20	20
	10、20	1.0	1.24	24
不锈钢	12Cr18Ni9	0.5	1.26 ~ 1.32	26 ~ 32
	07Cr19Ni11Ti	1.0	1.28 ~ 1.34	28 ~ 34

凸肚胀形力 $F_{凸}$ 可按下式计算：

$$F_{凸} = qA \tag{8-4}$$

$$q = 1.15R_m\frac{2t}{d_{max}} \tag{8-5}$$

两式中，$F_{凸}$ 为凸肚胀形力（N）；A 为凸肚胀形面积（mm^2）；q 为单位凸肚胀形力（MPa）；d_{max} 为凸肚胀形后最大直径（mm）；t 为零件料厚（mm）；R_m 为零件材料的抗拉强度（MPa）。

与平板毛坯胀形一样，凸肚胀形用冲模也有普通全钢的冲模和用橡胶与液体的软模两种。

8.2.3　典型凸肚胀形零件的冲压工艺及胀形模结构

立体的凸肚胀形零件都是采用圆筒形拉深坯件或圆管截段毛坯，用普通全钢成形模即所谓硬模，或采用高压液体、橡胶与金属模腔配合即所谓软模，实施各种形状的凸肚胀形冲压而成。

大型较复杂的凸肚胀形零件对拉深坯件的尺寸和形状都有较高的要求，故其坯件的拉深成形往往要经过多道拉深工序。

1. 橡胶体软模凸肚胀形

图 8-2 所示为用橡胶软模凸肚胀形零件的工艺过程及模具结构。

图 8-2a 所示为仪表浮子零件凸肚胀形的工艺过程。用 ϕ96mm、厚 t = 0.5mm 的防锈铝合金板料，经多次拉深获得半球形底圆筒形毛坯，再用橡胶体与金属凹模腔配对的凸肚胀形模成形，从而得到图 8-2a 下部所示仪表浮子的成品零件。

图 8-2b 所示为球面扶手饰件凸肚胀形的工艺过程。用 t = 0.5mm 料厚锌白铜材料、ϕ211mm 平板毛坯，经 4 次拉深而获得 ϕ60mm、长 170mm 的空心圆筒坯件，再用图 8-2c 所示橡胶成形模，经凸肚胀形而得到图 8-2b 下部所示成品零件。

图 8-3 所示为烟灰缸橡胶凸肚胀形模。该零件尺寸精度要求不高，但有一定的外观装饰要求，凸肚胀形圆弧要光滑，无肉眼可见凹坑、划伤，使用材料有 08F 低碳钢冷轧板与 12Cr18Ni9 不锈钢等多种。一般低碳钢板采用后续喷漆或镀装饰铬，不锈钢则直接装盖为成品。不论用哪种材料，其料厚都不大于 0.5mm，而且都先拉深为平底圆筒形坯件，而后用图 8-3 所示成形模成形。

这类凸肚胀形模的关键是选用硬度合适的圆柱形聚氨酯橡胶体。通常用于圆筒形平底拉深坯件的凸肚胀形，可依零件材料种类、料厚、复杂程度，确定其凸肚胀形时单位压力的大小，据此选用聚氨酯橡胶的硬度。用于成形的聚氨酯橡胶一般硬度为邵氏 65 ~ 85A；压缩量一般在 15% ~ 35% 之间。

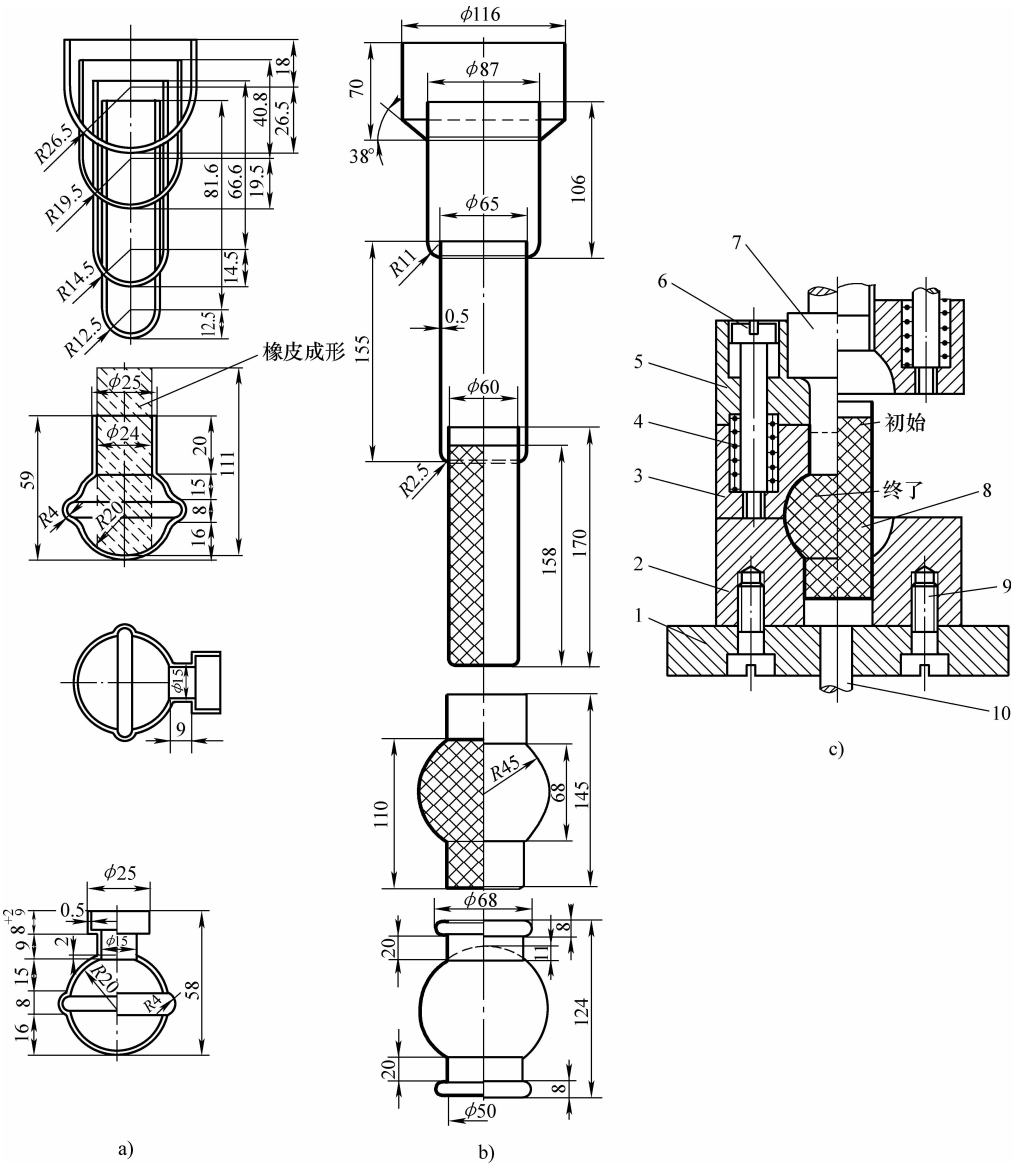


图 8-2　用橡胶软模凸肚胀形零件的工艺过程及模具结构

a）仪表浮子零件凸肚胀形的工艺过程　b）球面扶手饰件凸肚胀形的工艺过程

c）橡胶凸肚胀形模结构

1—下模座　2—凹模　3—凹模上半部　4—弹簧　5—上模座

6—卸料螺钉　7—带凸模的模柄　8—橡胶体　9—螺钉　10—顶杆

图 8-4 所示的橡胶体凸肚胀形模采用单作用斜楔传动机构、自动闭合凹模拼块，并用压力弹簧 21，在上模回程上升后，自动推开凹模拼块，使具有两个或多个分模面的复杂模腔均可以打开取件。因此，该冲模能够用于凸肚胀形复杂形状的零件。

2. 液体软模凸肚胀形

图 8-5 所示为德银酒缸罐冲压工艺及其凸肚胀形模结构。容器材料为德银（锌白铜），料厚 $t=0.5\text{mm}$。

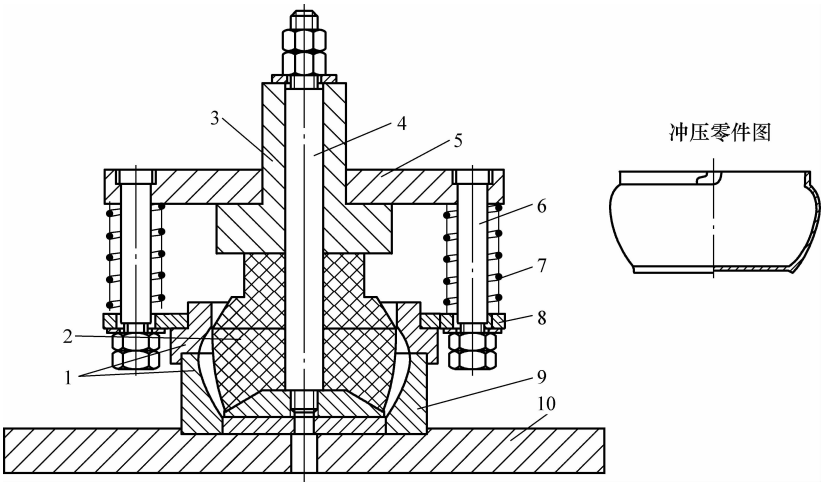


图 8-3　烟灰缸橡胶凸肚胀形模

1—拼块凹模　2—橡胶体　3—模柄　4—拉杆　5—上模座
6—螺钉　7—弹簧　8—压板　9—凹模拼块　10—下模座

用 ϕ334. 5mm 平毛坯，经过 6 道工序拉深成形，获得 2 台阶形圆筒毛坯，见图 8-5b 工序 6；再经 4 次高压水软模凸肚胀形，获得图 8-5a 所示高级家用酒水容器。

该零件的成形模采用高压水填充密封的金属模模腔，迫使薄壁空心坯按模腔形凸肚胀形，达到加工的目的。

众所周知，水是不可压缩的，用与密封模腔容积相等体积的水，充满模腔，只要水压足够大，坯件就会在水压挤压下，充满模腔的任意角落、沟槽与缝隙。

3. 普通全钢成形模凸肚胀形

圆筒形拉深件的凸肚胀形用普通全钢成形模有多种结构形式。由于凸肚胀形后，零件总是中间大两头小，很难直接从模具型腔中取出。对于软模来讲，成形模芯在卸载后都回复成原状，可从模腔内取出。只要模腔是拼块组合的，凸肚胀形的零件均可从模内取出。而对于全钢成形模，尤其是凸肚胀形尺寸较大且完全由钢模芯成形，往往零件会贴紧在模芯上，设计可紧缩的模芯，如拼块组合模芯，才能使凸肚零件顺利出模。

以下的几种冲模结构形式，具有较好的推广使用价值。

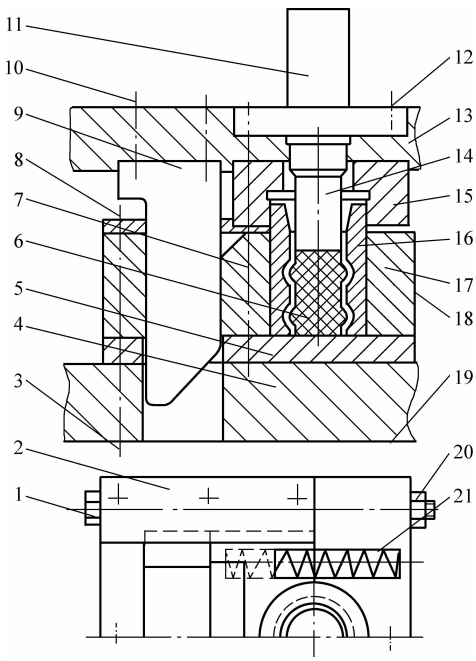


图 8-4　较复杂的橡胶凸肚胀形模

1—六角螺栓　2—挡板　3、10、12、18、19—内六角螺钉（圆柱销）　4—下模座　5—垫板　6—聚氨酯
7—活动夹紧块　8—六角螺栓　9—斜楔　11—模柄
13—上模座　14—顶块　15—上模块　16—下模块
17—固定夹紧块　20—六角螺母　21—弹簧

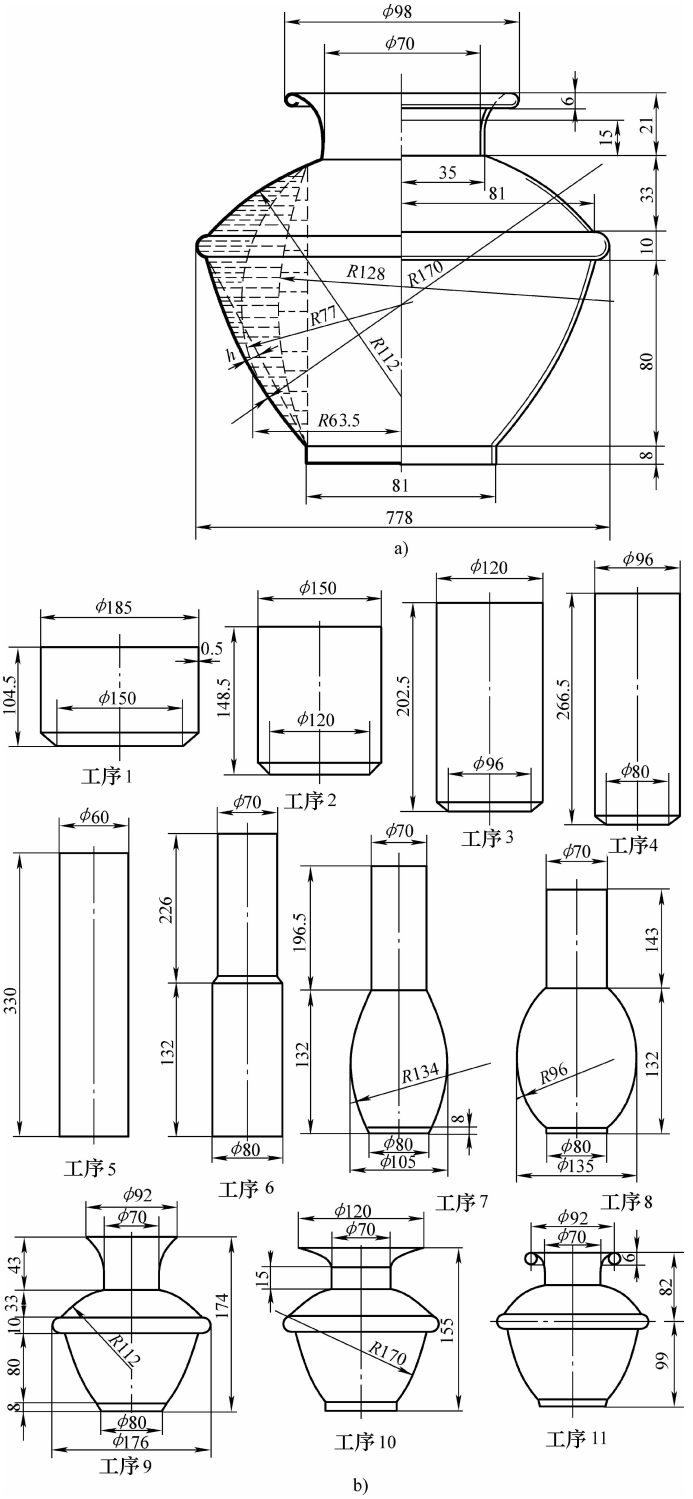
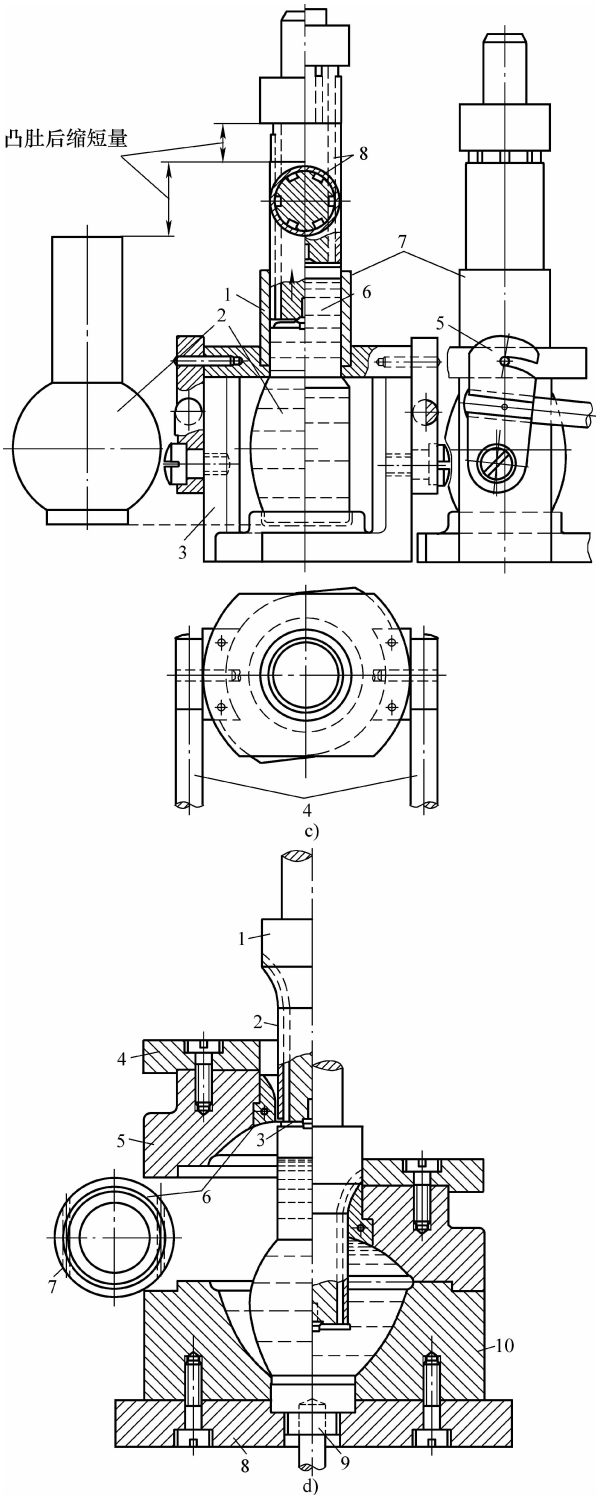


图 8-5　德银酒缸罐冲压工艺

a）德银酒罐　b）11 道拉深与凸肚胀形工序图　c）第 7、
1—阀　2—凸肚部位　3—加紧座　4—杠杆　5—锁紧
d）第 9、10 两道工序凸
1—带模柄的凸模　2—有气道的凸模冲头　3—液
6—密封锁口　7—锁紧密封销　8—下



及其凸肚胀形模结构

8 两道工序初步凸肚胀形模结构图

装置　6—高压水　7—可卸支承架　8—气道

肚胀形模结构图

压阀　4—盖板　5—凹模上模腔

模座　9—顶杆　10—凹模下模腔

（1）圆筒形拉深件普通全钢凸肚胀形模　图 8-6 所示为圆筒形拉深件普通全钢凸肚胀形模。其运作过程如下：筒形毛坯放置在下凹模 8 内，并由它定位。冲压时，凸模 6 先插入毛坯内，毛坯在上凹模 7、下凹模 8 和凸模 6 夹持下，靠凸模 6 的凸肩，进行镦压，保证筒壁不会丧失稳定，毛坯只有右部空腔处胀出成形。

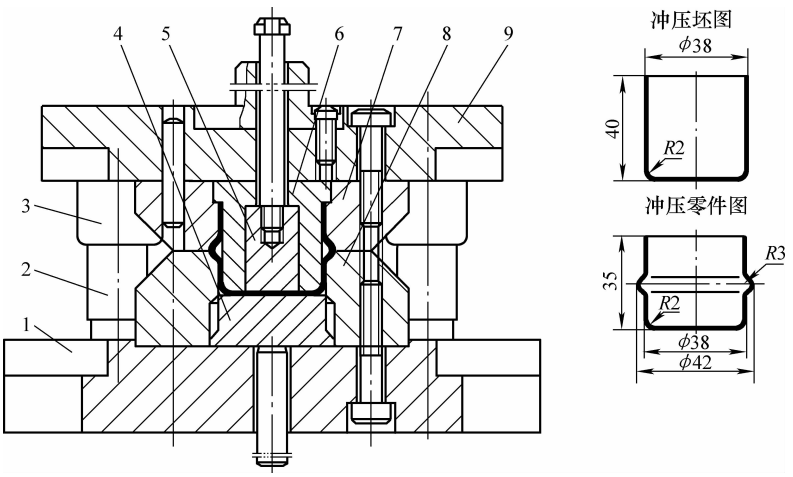


图 8-6　圆筒形拉深件普通全钢凸肚胀形模

1—下模座　2—导柱　3—导套　4—顶件器
5—卸件器　6—凸模　7—上凹模　8—下凹模　9—上模座

（2）有凸缘的圆筒形及异形非圆筒拉深件普通全钢凸肚胀形模　多数圆筒形拉深坯、凸肚胀形成外径较大的零件、异形非圆筒拉深坯侧壁局部胀形与压凹成凸肚的零件，都因变形量大而必须采用有模芯胀形，图 8-6 所示模具结构便不能满足成形需要。推荐用图 8-7 所示的有凸缘的圆筒形及异形非圆筒拉深件普通全钢凸肚胀形模。

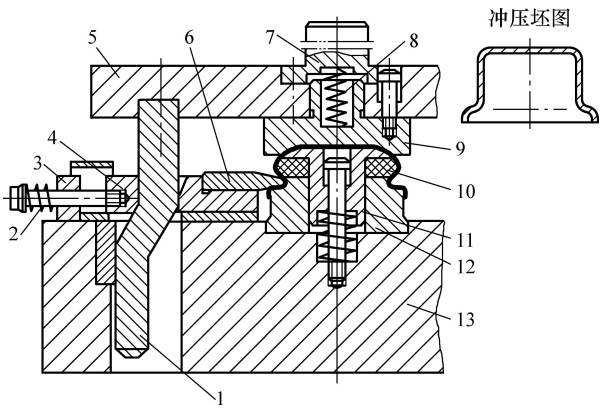


图 8-7　有凸缘的圆筒形及异形非圆筒拉深件普通全钢凸肚胀形模

1—斜楔　2、8—弹簧　3—挡块　4—楔滑块　5—上模座　6—成形凸模
7—模柄　9—上模　10—橡胶体　11—顶件器　12—模芯　13—下模座

该冲模结构设计得很巧妙。顶件器 11 装在凸肚胀形模芯中间，其顶部与模芯 12 之间装有凸肚胀形的橡胶体 10。当上模 9 下行冲压时，橡胶体按一定压缩量而且只能向外胀形，使零件达到凸肚要求。

上模座外侧装有斜楔 1。与楔匹配的楔滑块 4 上装有压凹成形凸模，其头部形状与模芯 12 匹配的凹模相配。这一套楔传动横向冲压成形系统，可按胀形需要，在模芯外围安装两套或几套。图 8-7 所示为对称两套，右半部省略未绘入图。如果异形非规则形状拉深件只需进行局部凸肚胀形或压凹、打凸，甚至翻边、沉孔、压窝等，需要横向施力冲压成形，均可采用这种楔传动横向冲压机构。

（3）圆筒形拉深件底部胀形镦压模　平底圆筒拉深坯将其底部胀形后，镦压出双层凸缘。其胀形镦压的冲模结构有图 8-8 所示两种结构形式。

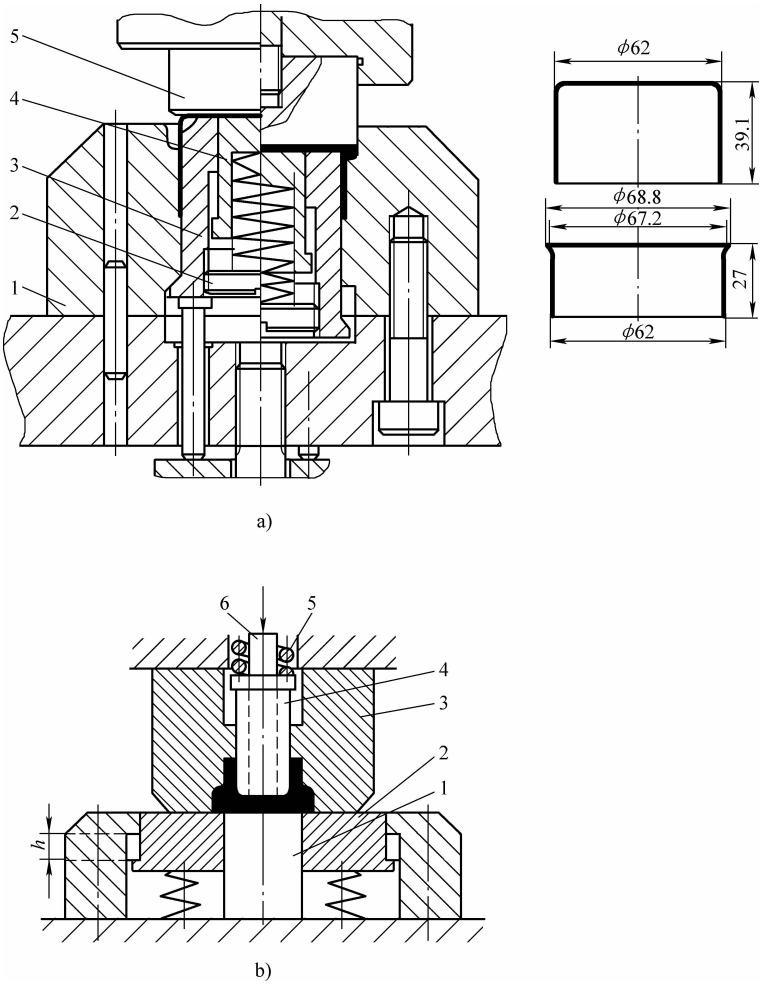


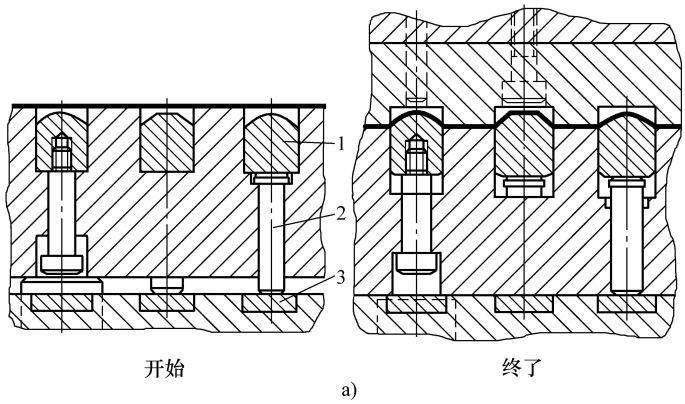
图 8-8　圆筒形拉深件底部胀形镦压模

a）底部胀形镦压成形

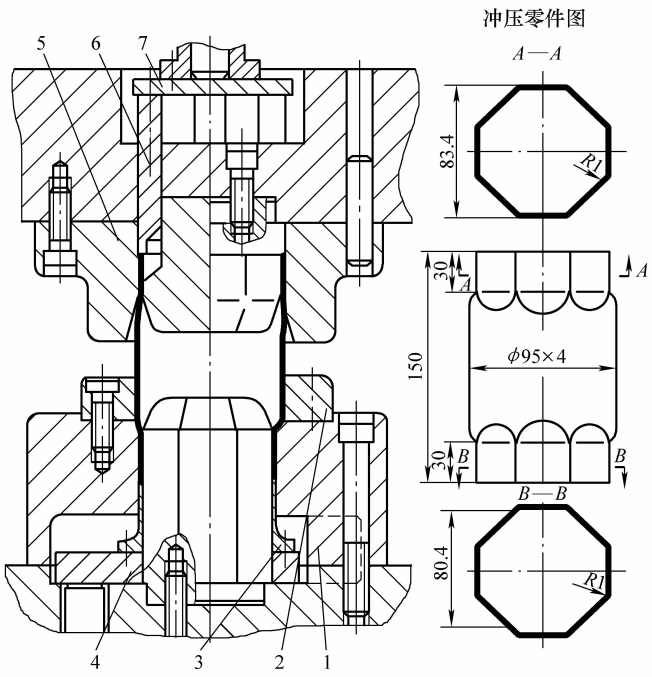
1—凹模　2—螺塞　3—活动凹模　4—顶件块　5—凸模

b）镦压口部底部胀形

1—顶件块　2—弹顶器　3—成形凹模　4—模芯　5—弹簧　6—卸件顶杆



a)



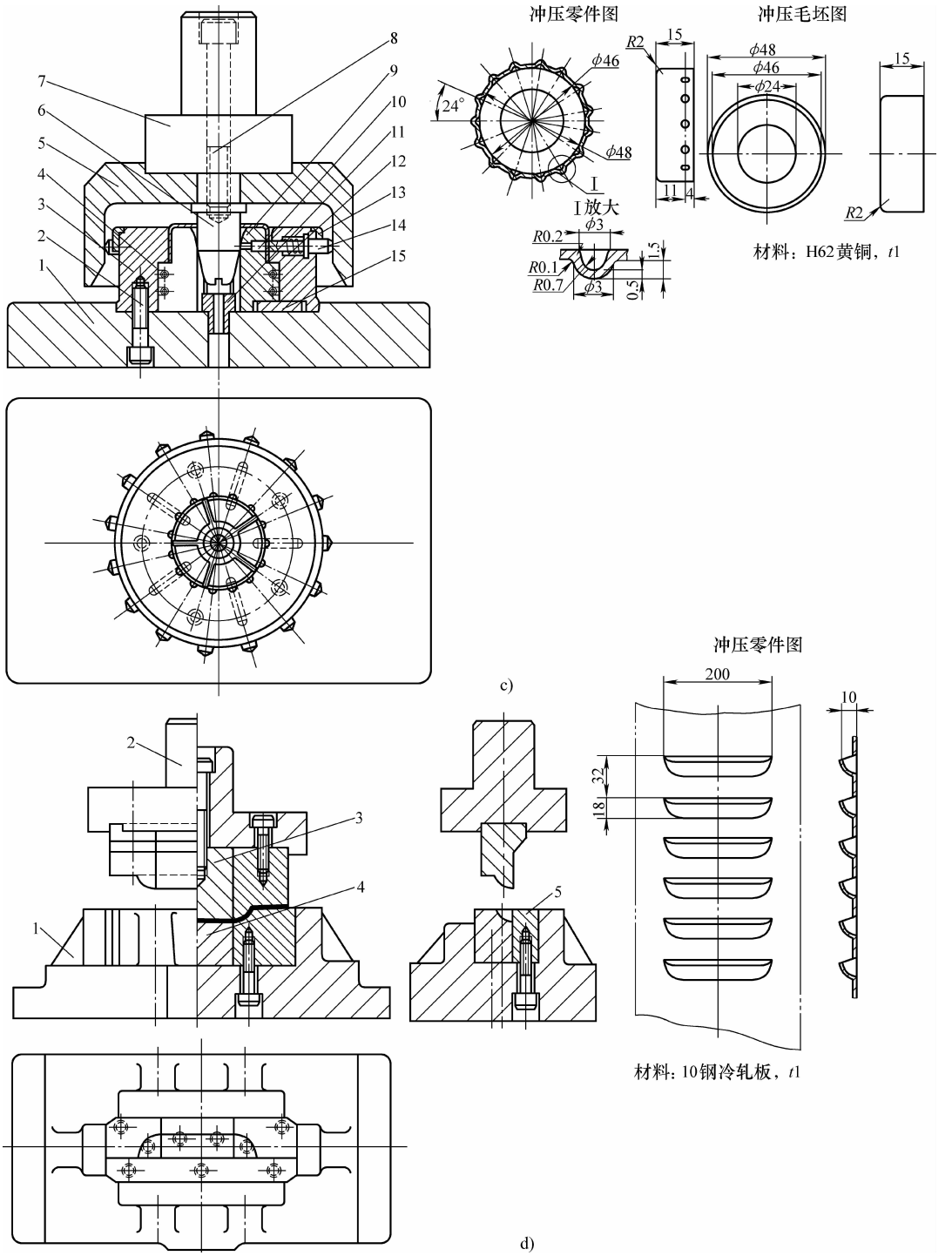
b)

图 8-9　平板料胀

a）平板毛坯打凸、压凸包的模具结构
1—下凹模　2—定位板　3—顶件块　4—托

c）环形零件压
1—下模座　2、8—内六角螺钉　3—凹模环
9—凸模固定板　10—凸模　11—定位钉

d）百叶窗
1—下模座　2—模柄　3—凸



形模结构形式

及胀形过程　b）类打凸即圆筒端头打八方成形模

板　5—上凹模　6—推件块　7—推板

凸包成形模

4—拉力弹簧　5—斜楔环　6—斜销　7—模柄

12—压缩弹簧　13—限止环　14—凹模　15—键

成形模

模　4—凹模　5—切开刃口

图 8-8a 所示毛坯口朝下，图 8-8 b 所示毛坯口朝上，但两者的结构与坯件变形原理与过程则大同小异。

图 8-8a 所示的运作过程如下：筒形毛坯扣在活动凹模上，活动凹模平时被弹顶器顶起，活动凹模 3 内还装有弹簧顶件块 4。冲压时，凸模 5 压住毛坯，先将顶件块压下，继续下行将活动凹模压下，等到毛坯接触凹模 1 的台阶后，便开始在上部胀形，最后镦压成形。冲压完毕，由弹顶器及顶件块将工件顶起。

从图 8-8b 中，可以看出，其运作过程与上述图 8-8a 相当。

4. 普通全钢成形模的平板毛坯胀形

平板毛坯上胀形，无论是打凸、压窝、压加强筋，还是压花、压浮雕、压纪念章等，都是靠减薄料厚来实现局部的胀形。与体积冲压和冷锻不同的是，体积冲压、冷锻参与变形的材料要在模腔中，按模腔形状进行体积的重新分配，最典型的例子就是压制硬币。

图 8-9a 所示为平板毛坯打凸、压凸包的模具结构及胀形过程。从图 8-9a 可以看出，在薄板料上压凸包、打凸变形量很小，压窝、打凸的高度多在（1.5 ~ 2）t 之间，最大高度 $h_{max} \leqslant 3t$。

图 8-9b 所示冲模的成形原理是利用凸模与匹配凹模构成的八角形模腔，对纵置的断面积相当的圆筒沿轴向在毛坯两端同时冲击，将圆筒壁冲压成正八角形壁。相当于在平毛坯上起伏成形压凸包。该冲模是在圆筒面上压出正八角形，变形量不大。由于八角形凸模与匹配凹模固定配合八角形模腔，靠八方头凸模镦挤圆筒两端成形，与平板料上起伏压凸包相似。

该冲模工作过程为：毛坯在定位板中定位，当滑块下行时，毛坯两端分别进入两凹模内，滑块到下死点时，工件成形完毕。滑块上行时，顶件块在托杆和托板的作用下将工件顶出下凹模，工件被上凹模带起。当滑块到达上死点时，推件块在打杆、推板的作用下，将工件推出上凹模。

图 8-9c 所示为在圆筒形拉深件圆周外表面压凸包胀形的实用典型冲模结构。该冲模是环形零件的压凸包模。15 件凸模 10 压入凸模固定板 9，凸模固定板等分为 5 件，以键 15 作导向，15 件凹模 14 在凹模环 3 的 15 等分孔内滑动。

压力机冲压时，斜楔环 5 下压，使凹模靠紧冲制零件，接着凸模固定板也受斜销 6 下行冲压，以键为导向，使凸模向冲制零件冲挤。工件冲凸部分先是胀形，后为冷挤成形，表面光滑不致碎裂。该冲模零件都是圆形，结构简单，制造方便，能冲制等分度要求高的小凸包。

图 8-9d 所示为在平板上冲制百叶窗的敞开式单工序冲模。百叶窗的成形尺寸要求不高，通常这类冲模无定位装置，大多靠在板坯上划线或用肉眼比照模具冲切刃口定位。从图 8-9d 可以看出，该模具结构十分简单，多数情况下，可作为通用成形模使用。

8.3 缩口与扩口工艺及其模具结构设计

在普通压力机上，用普通全钢冲模。改变开口空心件，主要是拉深零件和管材口部的成形方法，在冲压生产中使用较多。其中，以将圆筒拉深件及圆管截段口部直径缩小的缩口成形和将其口部扩大的扩口成形工艺，应用最为广泛。其次，管材局部缩径、拉深件缩径等，都属于这一类成形方法。

图 8-10 所示为扩口与缩口成形的对比。由该图可以看出，扩口与缩口成形过程中的坯

料变形区应力分布、应变趋势，以及所用模具的基本结构与区别。

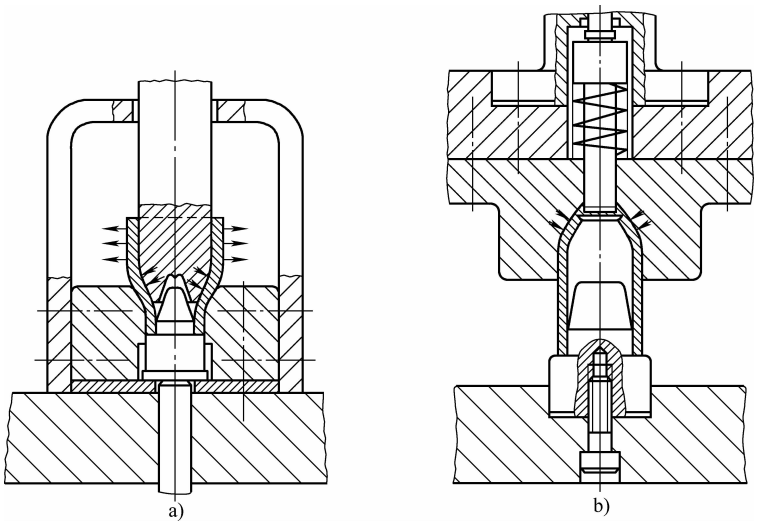


图 8-10　扩口与缩口成形的对比

a）扩口　b）缩口

8.3.1　缩口工艺类型及变形特点

现场生产中使用的缩口工艺类型有图 8-11 所示的三种。其变形特点是坯件口部材料受压，使其局部应力（主要是切向压应力）超过材料屈服强度而产生变形，从而使坯件直径减小，厚度和高度增加。如果一次变形量过大，便使其失稳而起皱。即便在坯件的非变形区，远离缩口变形区的部分，也要承受缩口的轴向及径向载荷，而很易产生变形。在其冲模结构设计中，应给予特别关注。

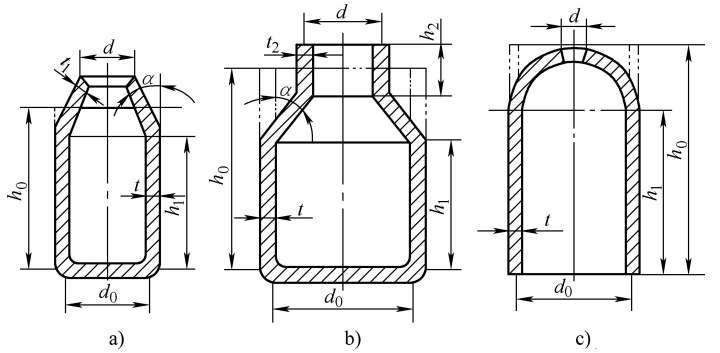


图 8-11　缩口成形的工艺类型

a）斜口　b）直口　c）球面口

8.3.2　缩口成形的主要工艺参数

1. 总的缩口系数

缩口作业总的变形程度通常用总的缩口系数 $K_{S\Sigma}$ 表示。$K_{S\Sigma}$ 值越小，总的缩口变形程度越大。$K_{S\Sigma}$ 可按下式计算：

$$K_{S\Sigma} = \frac{d}{D} \tag{8-6}$$

式中，d 为工件缩口加工后的直径（mm）；D 为工件未缩口加工前的空心毛坯直径（mm）。

当采用多道工序，或连续多工步进行缩口作业时，其总的缩口系数应为各次缩口系数的乘积：

$$K_{S\Sigma} = K_{S1}K_{S2}K_{S3}\cdots K_{Sn} \tag{8-7}$$

式中，K_{S1}、K_{S2}、K_{S3}、…、K_{Sn}为各次缩口作业用缩口系数。

2. 分序缩口系数

多数情况下，缩口变形程度大，不是一次缩口作业就可以达到要求的，大多都采用二次及二次以上缩口加工，才能取得满意的缩口效果。特别是一些缩口质量要求较高的零件，不仅要求缩口区外观光滑，无肉眼可见皱纹，还要求缩口后的尺寸（直径 d、高度 h_0 及顶部圆弧等）都符合要求。故往往在多次缩口作业中，采用不同的分序缩口系数。第一次稍小，以后各次逐渐加大，最后一次兼有校形作用，缩口系数更大一些。因此，多工序缩口的缩口系数是不等的。

缩口系数的大小除取决于缩口零件的材料性能，主要是塑性，还与其料厚密切相关。缩口模的结构形式对缩口系数有决定性的影响。有缩口模芯作内部支承，又有外部匹配模腔进行外部支承，其缩口变形程度又可提高一倍，即与无模芯缩口相比，缩口系数可减小一半以上。

分序缩口系数可按下式计算：

$$K_{Sn} = \frac{d_{n-1}}{d_n} \tag{8-8}$$

式中，K_{Sn}为第 n 次缩口的系数；d_{n-1}为第 n 次缩口前的坯件口部直径（mm）；d_n 为第 n 次缩口后的工件直径（mm）。

3. 平均缩口系数

控制多次缩口作业中每次缩口的变形程度不超过平均值，是确保缩口质量和平衡各次变形程度、减少废次品的关键。各种材料的平均缩口系数 K_{SJ} 见表 8-5。

表 8-5　各种材料的平均缩口系数 K_{SJ}

材料名称	缩口模结构形式		
	无模芯支承缩口	外部模腔支承	有模芯内外支承
软钢	0. 70 ~ 0. 75	0. 55 ~ 0. 60	0. 30 ~ 0. 35
黄铜 H62、H68（软态）	0. 65 ~ 0. 70	0. 50 ~ 0. 55	0. 27 ~ 0. 32
铝	0. 68 ~ 0. 72	0. 53 ~ 0. 57	0. 27 ~ 0. 32
硬铝（退火）	0. 73 ~ 0. 80	0. 60 ~ 0. 63	0. 35 ~ 0. 40
硬铝（淬火）	0. 75 ~ 0. 80	0. 68 ~ 0. 72	0. 40 ~ 0. 43

4. 缩口次数

缩口次数 n_S 可按下式计算：

$$n_S = \frac{\lg K_{S\Sigma}}{\lg K_{SJ}} \tag{8-9}$$

式中，$K_{S\Sigma}$为总的缩口系数，按式（8-6）或式（8-7）计算；K_{SJ}为平均缩口系数，查表 8-5。

按式（8-9）求得的理论缩口次数，往往不是整数。而实际要采用的缩口次数，总是大于计算次数不足 1 次的整数。故需依据计算结果，决定缩口次数，并合理分配和平衡各次缩口变形程度，以求达到较好的缩口质量。

5. 多次缩口变形程度的分配

在多数缩口作业中，每次缩口变形程度的确定，是在计算并确定缩口次数之后，才能进行分配与调整。通常情况下，可按下述公式给定。

第一次缩口系数：

$$K_{S1} \geqslant (0.85 \sim 0.9) K_{SJ} \tag{8-10}$$

以后各次缩口系数：

$$K_{Sn} \geqslant (1.05 \sim 1.10) K_{SJ} \tag{8-11}$$

6. 缩口后料厚增量

零件缩口部位的料厚稍有增大。其缩口后的料厚，可按下式计算：

$$t_1 = t_0 \sqrt{\frac{D}{d_1}} \tag{8-12}$$

$$t_n = t_{n-1} \sqrt{\frac{d_{n-1}}{d_n}} \tag{8-13}$$

式中符号意义同以上各式。

7. 回弹的控制与消减

与其他成形作业一样，缩口作业后亦有回弹。弹性变形总伴随着塑性变形发生，且在塑性变形后总要回弹，这符合金属压力加工的基本定律。缩口后回弹量大小与缩口变形程度有关，一般小于 1%，约为 0.5% ~0.8%。因此，在缩口后的零件尺寸会比模腔尺寸大出 0.5% ~0.8%。通常可通过预加变形量，或试模后修准模腔尺寸加以控制。对于一般精度的缩口零件，可以不预考虑。

8. 缩口毛坯尺寸的计算

通常情况下，由于不同的缩口形式及模具结构，使缩口零件的缩口部位，发生不同的尺寸变化。不仅外形迥然不同，而且尺寸差异很大；但是，缩口前后体积不变。根据这个原则可依以下各式进行缩口毛坯尺寸计算：

1）斜口形式缩口毛坯（见图 8-11a）尺寸的计算如下：

$$h_0 = (1 \sim 1.05) \left[h_1 + \frac{d_0^2 - d^2}{8 d_0 \sin\alpha} \left(1 + \sqrt{\frac{d_0}{d}} \right) \right] \tag{8-14}$$

2）直口形式缩口毛坯（见图 8-11b）尺寸的计算如下：

$$h_0 = (1 \sim 1.05) \left[h_1 + h_2 \sqrt{\frac{d}{d_0}} + \frac{d_0^2 - d^2}{8 d_0 \sin\alpha} \left(1 + \sqrt{\frac{d_0}{d}} \right) \right] \tag{8-15}$$

3）球面形式缩口毛坯（见图 8-11c）尺寸的计算如下：

$$h_0 = h_1 + \frac{1}{4}\left(1 + \sqrt{\frac{d_0}{d}}\right)\sqrt{d_0^2 - d^2} \tag{8-16}$$

以上式中符号意义，见图 8-11。

9. 缩口力的计算

不同的缩口形式，即便其变形程度相当，其缩口力的大小也是有差别的。弹壳缩口所需压力的近似计算公式如下：

$$F_S = K\left[1.1\pi DtR_{eL}\left(1 - \frac{d}{D}\right)(1 + \mu\cot\alpha/\cos\alpha)\right] \tag{8-17}$$

式中，F_S 为缩口力（N）；t 为毛坯料厚（mm）；D 为毛坯直径（mm），按中心层计；d 为缩口部分直径（mm），按中心层计；μ 为凹模与毛坯接触面的摩擦因数；R_{eL} 为材料的屈服强度（MPa）；α 为凹模的圆锥角（°）；K 为速度系数，在曲柄压力机上缩口，取 $K = 1.15$。

8.3.3 扩口的变形程度及毛坯尺寸的计算

与缩口相反，扩口将圆筒拉深件口部或圆管口部扩大。扩口加工的类型如图 8-12 所示。较常见的扩口加工为如图 8-12b 所示的带圆筒形扩口，也称扩径圆筒形扩口。

1. 扩口系数 K_C

扩口变形程度的大小用扩口系数 K_C 表示，K_C 按下式计算：

$$K_C = \frac{d_C}{d_0} \tag{8-18}$$

式中，K_C 为扩口系数；d_C 为零件扩口部分的最大直径（mm）；d_0 为扩口前的坯件直径（mm）。

从式（8-18）中可以看出，K_C 越大，扩口变形程度越大。

2. 毛坯尺寸计算

扩口零件的毛坯尺寸，按不同的扩口类型（扩口形状），见图 8-12，分别依以下各式计算：

1）锥口形扩口件（见图 8-12a）毛坯尺寸为

$$H_0 = (0.97 \sim 1.0)\left[h_1 + \frac{1}{8} \times \frac{d^2 - d_0^2}{8d_0\sin\alpha}\left(1 + \sqrt{\frac{d_0}{d}}\right)\right] \tag{8-19}$$

2）带圆筒形扩口件（见图 8-12b）毛坯尺寸为

$$H_0 = (0.97 \sim 1.0)\left[h_1 + \frac{1}{8} \times \frac{d^2 - d_0^2}{8d_0\sin\alpha}\left(1 + \sqrt{\frac{d_0}{d}}\right) + h\sqrt{\frac{d}{d_0}}\right] \tag{8-20}$$

3）平口形扩口件（见图 8-12c）毛坯尺寸为

$$H_0 = (0.97 \sim 1.0)\left[h_1 + \frac{1}{8} \times \frac{d^2 - d_0^2}{d_0}\left(1 + \sqrt{\frac{d_0}{d}}\right)\right] \tag{8-21}$$

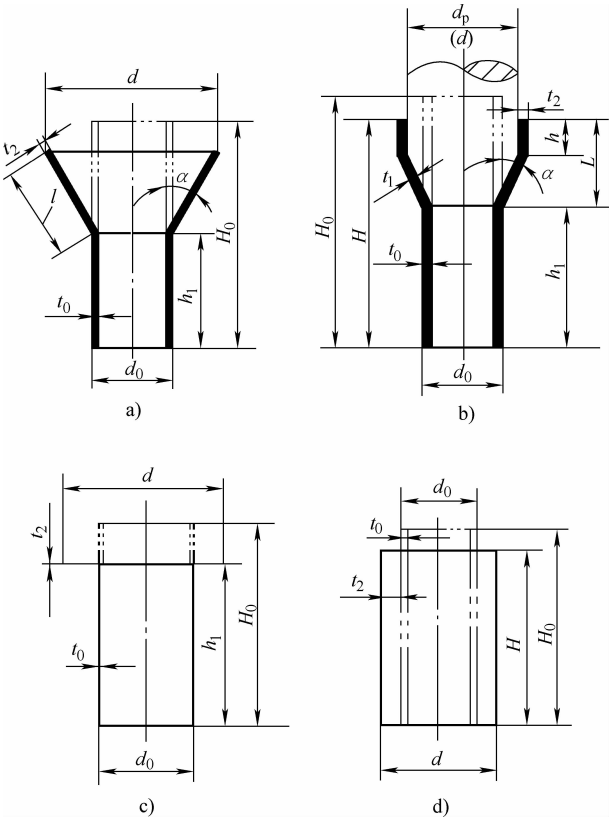


图 8-12　扩口加工的类型

a）锥口形扩口件　b）带圆筒形扩口件　c）平口形扩口件　d）整体扩径件

4）整体扩径的扩口形零件（见图 8-12d）毛坯尺寸为

$$H_0 = H\sqrt{\frac{d_0}{d}} \tag{8-22}$$

以上式中符号意义，见图 8-12。

3. 扩口力的简化计算

$$F_C = C\pi d_0 t R_{eL} \tag{8-23}$$

式中，F_C 为扩口力（N）；d_0 为扩口毛坯直径（按中心层计）（mm）；t 为毛坯壁厚（mm）；R_{eL}为材料屈服强度（MPa）；C 为与扩口系数 K_C 值有关的系数，见表 8-6。

表 8-6　系数 C 值

扩口系数 K_C	1.05	1.11	1.18	1.25	1.33	≥1.42
系数 C	0.30	0.40	0.60	0.75	0.90	1.0

8.3.4　缩口模与扩口模的结构设计

1. 缩口模的结构类型

欲进行缩口加工的零件大多是拉深的圆筒形坯件，也有一些是管材的截段或加工的半成品。如果是缩口，都在零件的两端口部；如果是缩径，则有可能是在零件端头以里的中间部

位，但这种局部缩径的冲压加工，较为少见。由于缩口加工坯件的上述类型，以及坯件多为半成品管状或类管状，使缩口模的结构类型及冲压加工的特点十分突出。其特点为冲模结构类型单一且专用性强，使用范围有限，不适于高速、连续冲压。因此，缩口模从结构上归类，仅有以下几种：

1）按工序组合程度与组合方式分为单工序缩口模、缩口成形复合模。

2）按有无导向装置和用何种导向装置可分为无导向敞开式缩口模、采用滑动导向导柱模架的缩口模。

图 8-13 所示为单工序缩口模的结构形式，这三种单工序缩口模都是无导向敞开式结构。

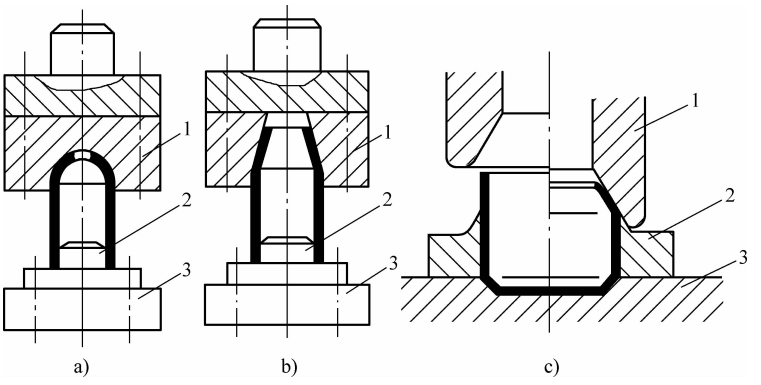


图 8-13　单工序缩口模的结构形式

a）球面口缩口　b）斜口锥形缩口　c）直口缩口

1—凹模　2—定位装置（柱）　3—下模座

2. 缩口模结构设计

图 8-14 所示为直口缩口零件的缩口模三种结构形式。例如，步枪子弹壳缩口一类零件，其缩口模有图 8-14 所示三种结构形式，但都是单工序缩口模，所使用的毛坯，都是直圆筒管料或切底后的拉深坯。步枪子弹壳是带有平底的，尽管其缩口成形部位形状与图示零件图样相似，其模具成形模腔及模具工作部分结构相同或大同小异，但毛坯的定位与夹紧机构，不尽相同。图 8-14 所示三种结构各具特色。

（1）Ⅰ型结构分析　图 8-14a 所示Ⅰ型缩口模结构，主要特点如下：

1）采用有模芯缩口。在上模座上，沿模柄中心线安装了半圆头模芯 7 与凹模 6 的模腔匹配。对毛坯缩口成形部位形成内外支承，可以充分利用零件材料的塑性潜力，采用更小的缩口系数，加大一次缩口变形程度，从而减少缩口次数，并可提高缩口质量。

2）夹紧坯件采用单作用驱动锥形套筒 5，从外向里，推动夹紧器 2，将坯件定位、夹紧。当上模返程上升时，锥形套筒 5 脱离夹紧定位装置，其下部安装的弹簧 3，将其分开，取出零件。

3）该模具是无导向敞开式结构。但其圆形斜楔与其下部楔滑块，即夹紧定位装置，依靠两者匹配的斜面，对上模与下模的对准导向。但在调校冲模时，必须保证凹模 6 与下模件平稳接触，不得偏斜；否则，影响缩口质量。

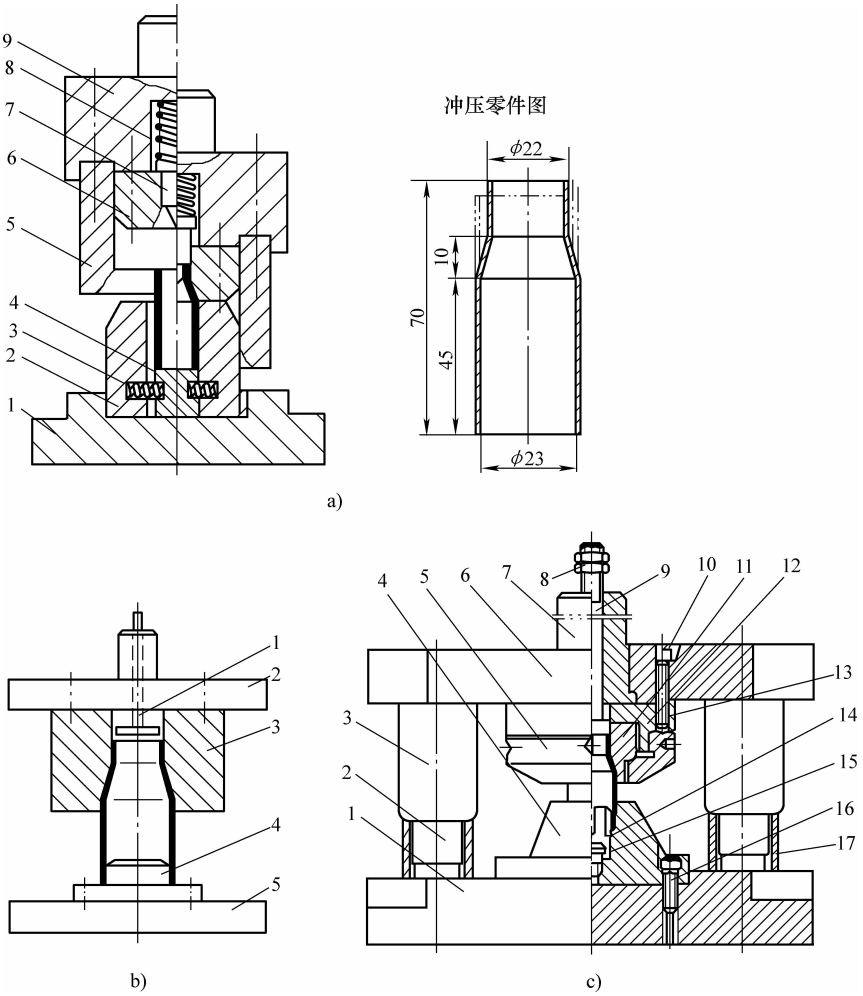


图 8-14　直口缩口零件的缩口模三种结构形式

a）形式Ⅰ

1—下模板　2—夹紧器　3、8—弹簧　4—垫块　5—锥形套筒　6—凹模　7—模芯　9—模柄

b）形式Ⅱ

1—打料杆　2—上模座　3—凹模　4—下模固定座　5—下模座

c）形式Ⅲ

1—下模板　2—导柱　3—导套　4—支座　5—螺纹套　6—上模板　7—模柄　8—螺母　9—推杆

10—圆柱销　11—凹模　12—固定座　13、14、16—螺钉　15—弹性夹套　17—定距套

（2）Ⅱ型结构分析　与Ⅰ型结构完全不同。虽然Ⅱ型结构也是无导向敞开式，但其模具工作部分，与Ⅰ型有别。

1）该型缩口模采用无模芯缩口成形，在毛坯缩口处内边无模芯支承。管状毛坯入模后，完全靠凹模腔横向施力冲挤，使毛坯直径缩小，长度增加。

2）缩口坯件入模，用下模固定座 4 定位，使用方便，稳定性欠佳。

3）凹模 3 直接紧固于上模座上，更换方便。当缩口零件尺寸改变时，只需更换凹模 3。

4）由于无导向装置，模具安装与调校不大方便，也费时；同时，因无模芯缩口，其缩口效率，主要指一次缩口变形量及缩口次数等，不如形式Ⅰ更好些。

（3）Ⅲ型结构分析　与上述两种结构形式相比，增加了滑动导向对角或后侧导柱模架及定距套，克服了上述两种模具安装、调校不便，费时的缺点。同时，用定距套限制上模下行位置，确保缩口尺寸及质量，一致性好。同时，用弹性夹套夹紧坯件定位，稳定可靠；凹模用紧固套紧固，可以快换。

通过对上述三种管状直口缩口零件用缩口模的结构分析对比，可以看出，这类冲模的结构设计要点如下：

1）采用缩口工艺方法不同，影响到结构形式的设计。如用有模芯缩口，模芯的形状与尺寸设计必须按缩口零件图样，考虑缩口材料的许用缩口系数，缩口后有 0.5% ~0.8% 的回弹。

2）缩口坯件入模的夹紧定位系统设计，要注意毛坯形状特征。如有底无底、直径太小及保持纵向稳定、牢固必需的最小夹持长度等。

3）卸件与出件方式及模具结构上必须考虑的装置。如坯件在下模夹牢情况下缩口成形，成品零件必须留在夹持器中。模内应考虑推卸件机构，防止缩口后的工件因为缩口，增大了模腔表面的摩擦力甚至贴紧凹模壁，而紧紧卡在凹模中，下模夹紧定位机构夹持力大，将成品零件拉出凹模，易使零件变形及表面划伤。

4）缩口零件往往缩口变形后长度有一定要求。为确保其长度波动不大，一致性好，互换性强，在模具应考虑上模下行位置的控制装置，如在导柱上加限位套。

5）从模内出件，迄今仍以手工作业为主。若有条件最好配机械手装坯与出件。用手工出件，应使用合适的专用手持工具，不得直接用手去取。

3. 多工步单工位缩口复合模

缩口复合模大多是在管坯两头同时进行缩口加工的单工位冲模，有无导向敞开式与用导柱模架的两种类型。图 8-15、图 8-16 所示为缩口复合模的两种结构形式。

以上两套缩口复合模，仅仅是其结构示意图。实际采用这种结构时，还有如下一些问题，应在结构设计时给予考虑：

1）根据缩口零件的材料种类及缩口部位尺寸、料厚等，校核其一次缩口的变形程度是否超过最小许用的缩口系数；否则，一次难以缩口成形，达不到满意效果。

2）管坯的入模定位与夹紧方式。上述两图中，管坯定位问题不大，但夹紧就应补充一些装置，特别是图 8-16 所示结构，管坯外漏过长，不稳定。

3）考虑闭模的行程位置控制，否则，零件总长度无法控制。

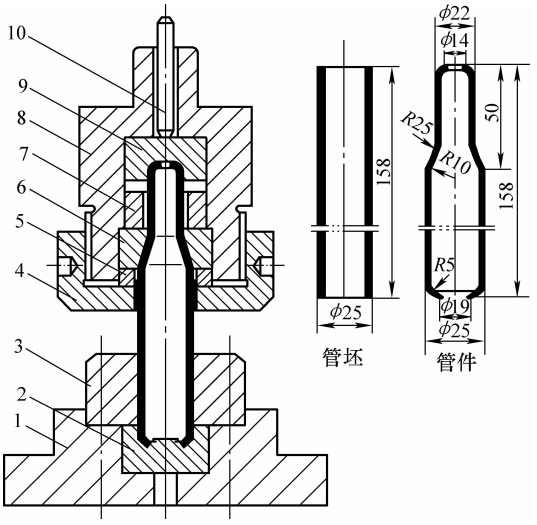


图 8-15　缩径封口敞开式复合模

1—下模板　2—下封口凹模　3—定位器
4—紧固套　5—垫板　6—缩口凹模　7—垫圈
8—模柄　9—上封口凹模　10—打杆

4. 有底圆筒拉深件缩口模

在生产现场使用较多的是一些有底圆筒形拉深件，尤其是底部尺寸较大的圆筒形拉深件。通过缩口加工获得瓶颈，缩口的口部直径与其底部直径相差很大。采用图 8-17 所示缩

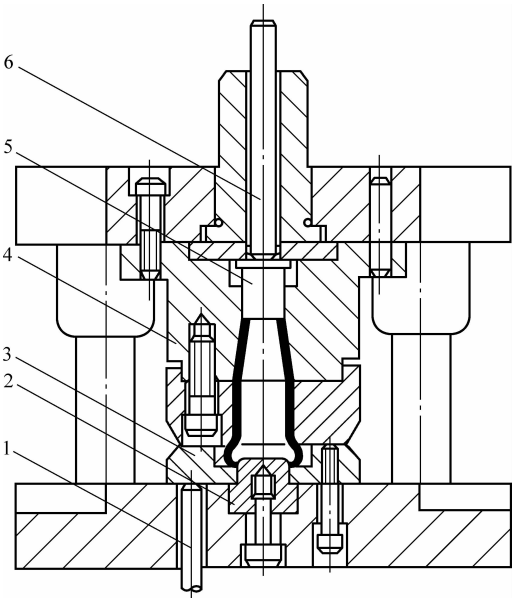


图 8-16　缩口镦底复合模

1—顶杆　2—定位柱　3—卸料板
4—缩口凹模　5—压柱　6—打杆

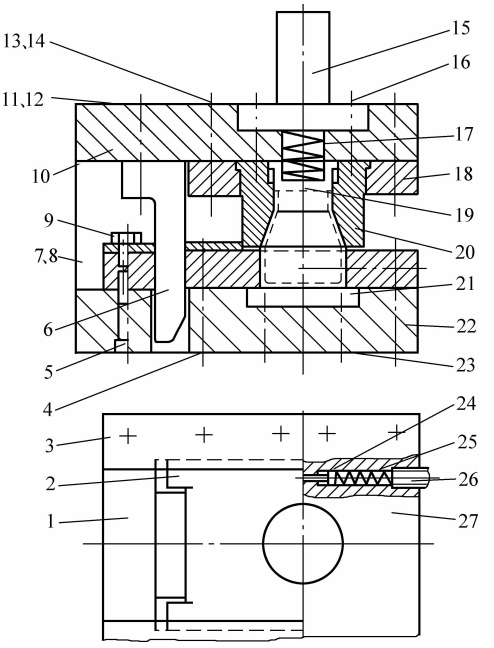


图 8-17　有底圆筒拉深件缩口模

1—挡块　2—活动凹模　3—盖板　4—圆柱销
5、12、14、23—内六角螺钉　6—斜楔　7—导套
8—导柱　9—六角螺钉　10—上模座　11—圆柱销
13—圆柱销　15—模柄　16—内六角螺钉（圆柱销）
17、25—弹簧　18—固定板　19—模芯　20—凹模　21—垫板
22—下模座　24—活动顶杆　26—螺塞　27—固定下模

口模，效果不错，生产率也较高。

该缩口模采用有模芯缩口，毛坯缩口部分内外均有支承，故可使用更小缩口系数的材料，采用更大的变形程度，进行次数更少的缩口加工。

该冲模采用单作用驱动斜楔 6，推动活动凹模 2，夹紧入模毛坯，实际活动凹模 2 起夹持器作用。该冲模采用滑动导向对角或后侧导柱模架。

这种结构缩口模的模芯除起芯子作用外，也起推件器作用。斜楔在扩口前将零件夹紧，以免工件变形。

5. 圆管缩颈模

对于圆管中部缩颈，尤其是在大量生产时，采用图 8-18 所示结构，质量好，操作安全，生产率高。其运作过程及工作原理如下：欲缩径的管坯放入可调定位座 5 的专用芯轴上，上模下行压杆 2 下压长柄内齿形轮盘 1，使其在固定支架 7 内，沿顺时针方向旋转 45°，依靠其内齿廓，将 8 只活动凸模 4 推入固定盘并冲向芯轴上的管坯，进行缩径加工；上模回程拉簧 3 和活动凸模复位压簧 6 共同作用，使长柄内齿形轮盘 1 和活动凸模 4 复位。可以连续多次加工，到缩径尺寸合格为止。

6. 扩口模的结构形式及设计要点

与缩口模的类型与结构特点相类似，扩口成形多数是用管坯或圆筒形拉深件。进行扩口加工，同缩口模结构类型一样，多数为单工序敞开式冲模，使用导柱模架的单工序扩口模较

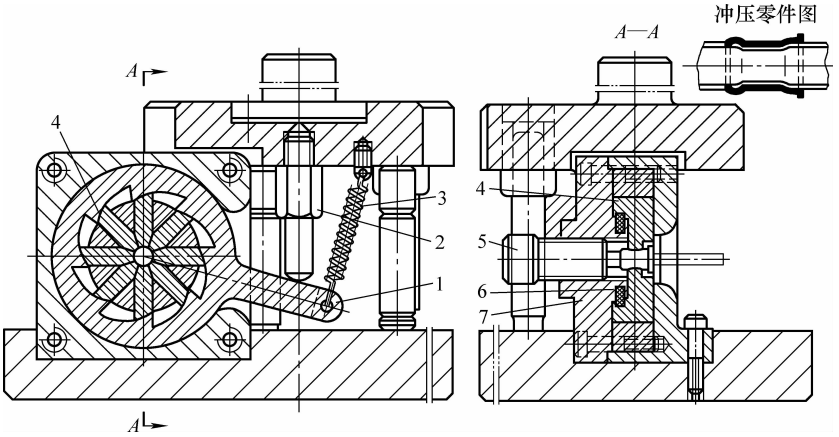


图 8-18　圆管缩径模

1—长柄内齿形轮盘　2—压杆　3—拉簧　4—活动凸模
5—可调定位座　6—活动凸模复位压簧　7—固定支架

为少见。由于扩口成形的特殊性，通常都不用连续模、复合模进行扩口成形。通过以下几套扩口模的结构分析及设计要点介绍，可以看出其与缩口模结构的共同点及在设计时应注意的问题。

（1）圆筒形扩口（扩径）模的典型结构形式。一般管状零件一端扩口（扩径），即直圆筒外扩，通常采用图 8-19 所示冲模结构形式。其主要结构特点如下：

1）无导向敞开式结构，分体式凹模。

2）用楔驱动凹模对入模管坯夹紧定位。

3）凹模高度与扩口后零件大体相等，保证坯件扩口过程稳定、不变形。

（2）罩壳扩口模　图 8-20 所示是罩壳扩口模。其结构简单，但具有典型性。其构成及运作过程如下：毛坯放在卡爪 2 上，由凸模 3 定位，滑块下行时，3 个卡爪在环形楔 1 的作用下，向中心移动，形成闭合环。

卡爪由螺钉与花盘相连接，并在花盘 4 上的椭圆槽内作径向移动。当滑块继续下行时，工件颈部在凸模的圆角处逐渐扩开。当滑块到达下死点时，花盘与下模座接触，从而起矫正凸缘的作用。当压力机滑块上行时，卡爪在弹簧作用下扩开，以便取出工件。

（3）用楔驱动夹紧机构的扩口模　对入模毛坯夹紧，防止在冲压过程中移动与变形，对扩口模的结构设计尤为重要。与缩口毛坯一样，扩口毛坯都是管料或拉深成形的半成品，都是立体形空心坯，夹紧比板料困难，易变形。采用单作用驱动斜楔与适形模腔作楔滑块相匹配，夹持空心管坯，在扩口模与缩口模结构中经常采用，效果较好。图 8-21 所示为用楔驱动夹紧机构的扩口模，可供参考。

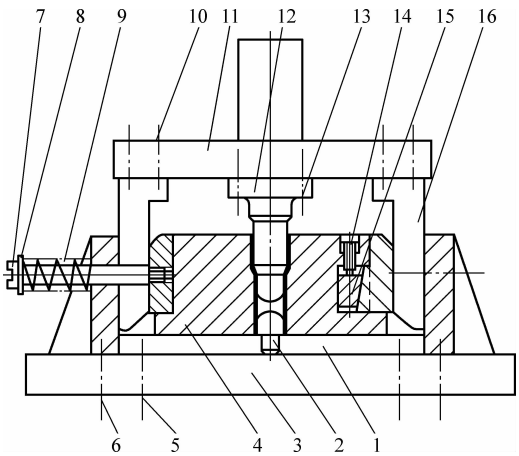


图 8-19　圆筒形扩口模典型结构

1—固定板　2—定位钉　3—下模座　4—夹紧块
5、6、10、13—内六角螺钉（圆柱销）
7—卸料螺钉　8—垫片　9—弹簧　11—上模座
12—凸模　14—内六角螺钉　15—斜块　16—斜楔

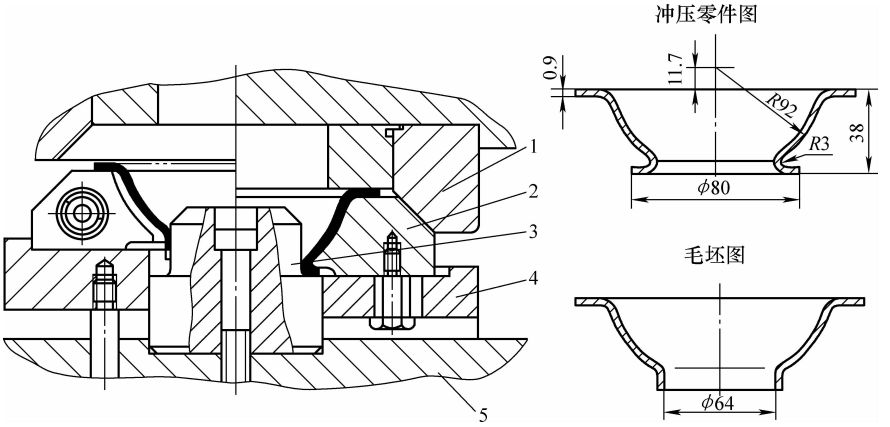


图 8-20　罩壳扩口模

1—环形楔　2—卡爪　3—凸模　4—花盘　5—下模座

（4）水平扩口模　有些长管扩口件、特殊形状的扩口件，采用卧式水平扩口，模具结构可以更简单一些，使用设备吨位可以小一些。图 8-22 所示为水平扩口模，可为这类模具的结构设计，提供一个思路。

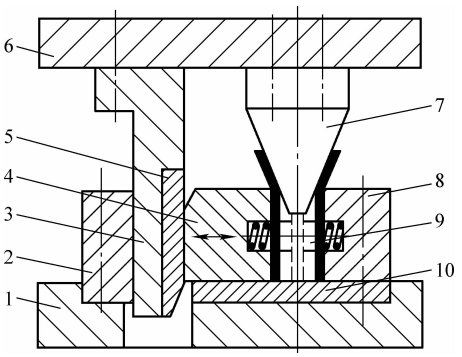


图 8-21　用楔驱动夹紧机构的扩口模

1—下模板　2—挡块　3—斜楔座
4—活动凹模　5—斜楔　6—上模板
7—凸模　8—固定凹模　9—弹簧　10—垫板

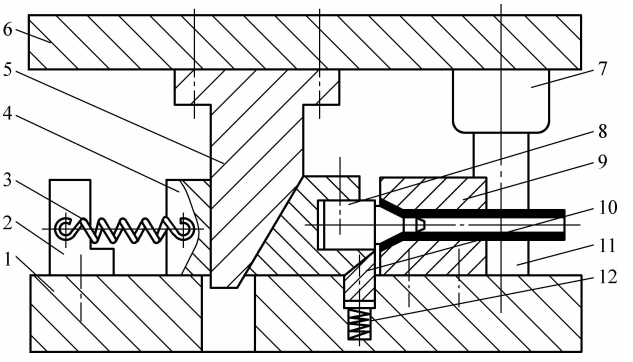


图 8-22　水平扩口模

1—下模板　2—挡块　3—拉簧　4—滑块
5—斜楔　6—上模板　7—导套　8—凸模
9—凹模　10—定位块　11—导柱　12—弹簧

8.4　校平与整形

板料冲压零件，由于种种原因，在经过各种冲裁分离工序和弯曲、拉深及其他成形工序加工后，都存在程度不同的几何误差，例如，直线度、平面度、倾斜度、垂直度、面轮廓度、线轮廓度等不符合零件加工图样的要求。

为了提高板料冲压零件的几何与尺寸精度及表面质量，大都在冲裁、弯曲、拉深等冲压加工工序后，进行校平、整形之类的修整性成形作业。

8.4.1　校平

1. 校平的作用

对于平板冲裁件，通常是采用校平作业，消除其穹弯、局部不平，提高其平面度。普通冲裁件通过校平才能消除冲裁，尤其落料时产生的肉眼可见的穹弯。

根据平板冲裁件的材料种类、供应状态、料厚、冲裁工件的技术要求，选用图 8-23 所示不同结构形式的校平模进行校平。

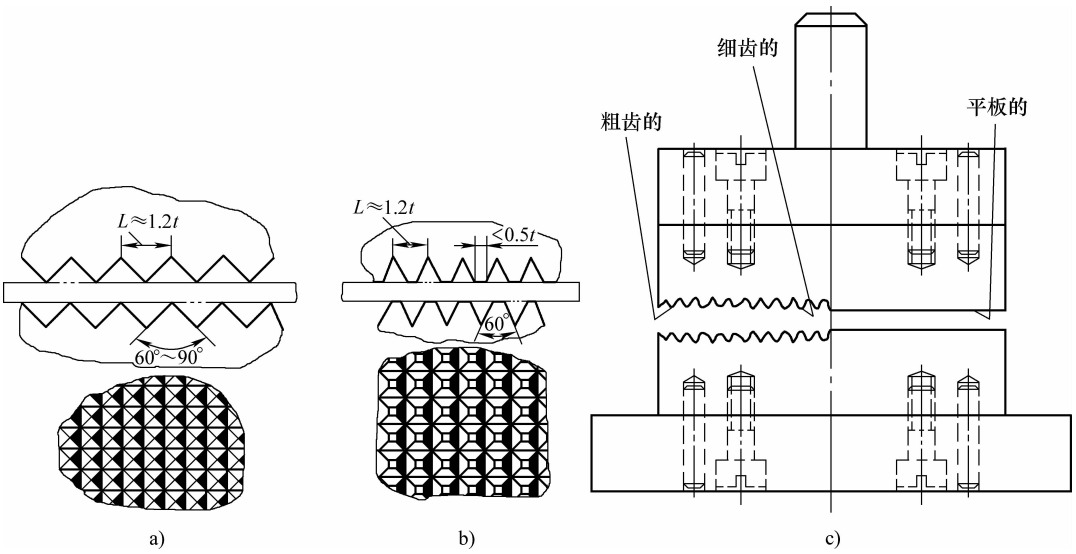


图 8-23　校平模

a）细齿　b）粗齿　c）校平模结构

2. 校平模的类型与结构

校平模可分为以下两类：

1）平板校平模。

2）点牙或称齿形校平模。这一类校平模又分为细齿的校平模、粗齿的校平模两种，也称细点牙校平模、粗（平）点牙校平模。

校平模是一种标准通用模具，可按照冲压零件图样的给定的材料、尺寸及技术要求，选用合适的校平模校平。

3. 校平模的选用

（1）平板校平模　料厚小于 3mm，表面不允许有压痕的平板零件，可选用平板校平模。平板校平模对校平零件是面接触，可均匀施压。落料零件产生之穹弯及原材料或零件的局部凹坑、小的凸起等，很难一次校平，特别是高强度、弹性大的材料，校平后回弹严重，往往要经多次校平。对于 10 钢冷轧板，用平板校平模校平可达到的平面度与直线度见表 8-7。

为了排除压力机动态精度波动的影响，消除压力机滑块行程对其工作台面垂直度误差、滑块底面与工作台面平行度误差，以及滑块导向误差等对校平质量的影响，校平模可以做成如图 8-24 所示浮动式校平模。

表 8-7　用平板校平模校平可达到的平面度与直线度（10 钢冷轧板）

料厚 t/mm	每 100mm × 100mm 范围的平面度，每 100mm 长度的直线度		
	一次校平	二次校平	多次校平
	误差值/mm		
0. 5	0. 15	0. 10	0. 08
1	0. 13	0. 08	0. 06
2	0. 12	0. 065	0. 05
3	0. 11	0. 055	0. 04
4. 75	0. 09	0. 05	0. 035
6	0. 085	0. 045	0. 035
10	0. 075	0. 025	0. 030

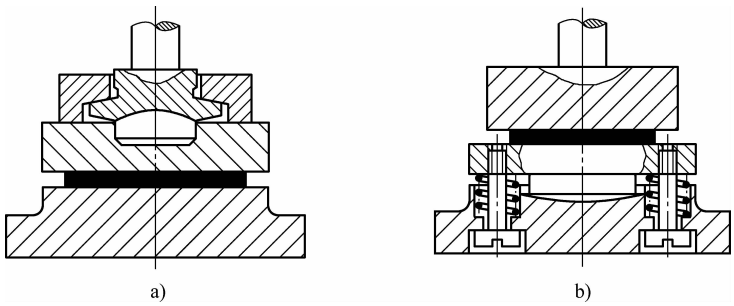


图 8-24　浮动式校平模结构形式

a）上模浮动式　b）下模浮动式

（2）点牙校平模（亦称齿形校平模）　使用点牙校平模校平不同材质、不等料厚的平板冲裁件，均可以收到很好的效果。但经点牙校平的零件表面留下齿点痕迹，有碍外观及表面装饰质量。但对于一些平面度、直线度要求高的内装零件，如钟表机芯底板、夹板、片齿轮（头轮）等核心结构零件，都要用点牙校平模校平；高精度仪器仪表中，类似上述需要点牙校平的平板零件也相当普遍，主要有机械仪表指针机构、钟表机构、执行机构的板状扇形齿轮、片齿轮、基板、连杆、链片等。用点牙校平可以达到比平板校平更高的平面度、直线度。

细齿（即尖齿）校平模适用于校平材料强度高、硬度大、回弹很严重的平板零件。经校平的零件，尖齿压入其表层一定深度，使不平的零件在卸载之后回弹很小，故可以达到很高的平面度、直线度。但在校平后，尖齿易挤入材料中，工件容易粘在模具齿形上不易脱模。因此，选用细齿校平模要注意这一点。

粗齿（即平齿）校平模适用于校平材料强度不高、硬度不大、回弹不很严重的中碳钢以下、较软的材料制作的平板零件。粗齿的齿尖是一个具有一定宽度的方形平面，见图 8-23。虽然校平零件也会在其表面留下印痕，但很浅，也不影响校平零件脱模。如果校平零件不允许在其表面留有校平压痕，可采用一面是平板，另一面用齿形模板校平。

4. 校平力的计算

校平所需冲压力，即校平力可按下式计算：

$$F_C = Aq \tag{8-24}$$

式中，F_C 为校平所需冲压力（N）；A 为校平零件的投影面积（mm^2）；q 为单位校平力（MPa），可查表 8-8。

表 8-8　校平与整形单位压力

工艺类别	方法及内容	q/MPa
校平	平板校平模校平	50 ~ 80
	细齿校平模校平	80 ~ 120
	粗齿校平模校平	100 ~ 150
整形	敞开式制作整形（弯曲件）	50 ~ 100
	拉深件整形（减小圆角及对底侧壁整形）	150 ~ 200

8.4.2　整形

拉深、弯曲、翻边、扳边，以及其他立体成形的板料冲压零件，存在着如下明显的肉眼可见的形状误差及尺寸精度超差的情况：

1）拉深件底角圆角半径过大，底面或侧壁不平直，高度或底圆尺寸不足。

2）弯曲件弯曲半径未达到要求，弯边不直，弯边表面平直度不好。

3）外缘扳边零件扳边角误差大，扳边高度不够，扳边圆角太大。

4）翻边凸缘高度不够，翻边凸缘圆角过大，凸缘不垂直。

5）起伏压筋、打凸高度不足。

上述种种情况，使得成形的零件形状不符合图样要求，尺寸超差，必须通过校形，即整形加工，提高零件形状与尺寸精度，才能达到要求。

整形采用专用整形模，也称校形模，其结构与零件最后弯曲成形或拉深成形等所用冲模无别；但尺寸精度更高，需要整形部位尺寸更符合零件图样最终要求，如圆角小，间隙更小，模腔尺寸精度更高等。弯曲与拉深整形模见图 8-25。

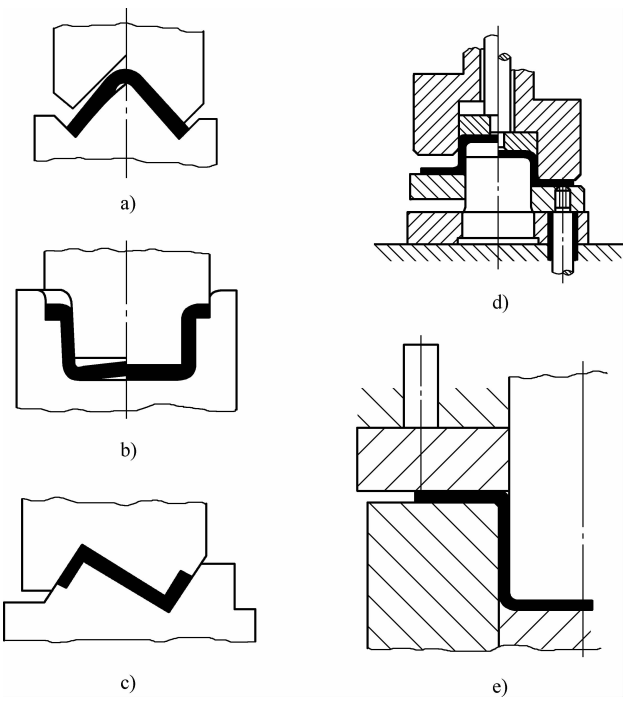


图 8-25　弯曲与拉深整形模

a）、b）、c）弯曲模（右半边为整形模）　d）、e）拉深模（d 图右半边为整形模，e 图为拉深件整形模）

8.5　金属板料旋压成形及模具结构设计

8.5.1　金属板料旋压成形的工艺特点

在单件小批量与小量生产各种薄壁空心的旋转体拉深件，以及非直壁、变薄与局部变薄的空心旋转体零件时，采用旋压工艺可在普通车床上加工完成。旋压工艺对于新产品的样试和批试，尤为适宜。

与金属板料的冲压成形不同，旋压是将金属板料的平板毛坯或空心坯件固定在专用旋压机或由普通车床改装的旋压设备的旋压模具上，在坯料旋转的同时，用简单的工具（赶棒或旋轮、压头等），通过机械或液压传动，挤压坯料并使其逐渐成形为预期的薄壁空心旋转体零件或使空心坯件局部减薄，操作简单、工艺技术易掌握，具有广阔的推广应用前景。

旋压成形工艺是一种多功能的特殊加工方法，可以对平板毛坯或空形坯件进行拉深、变薄拉深、凸肚、压筋、胀形、翻边、卷边、缩口、扩口等多种成形作业，尤其适于大中型空心薄壁零件的单件、中小批量的生产，而且使用的工艺装备标准化、系列化、通用化程度高，生产设备可用专用旋压机或普通车床，故生产成本低。在复杂形体的旋转体空心件成形加工中，旋压成形具有成本低、质量高、操作安全和噪声不大的特点。

8.5.2　旋压成形的基本类型

根据旋压加工中毛坯料厚变薄与否，旋压工艺可分为以下两种基本类型：

（1）不变薄旋压（亦称普通旋压）　在旋压过程中，只改变毛坯形状，将毛坯旋压成预期成品形状，其料厚不变或基本不变，见图 8-26。

（2）变薄旋压（亦称强力旋压）　在旋压过程中，不仅改变毛坯形状，而且要求或必然明显改变其料厚，见图 8-27。

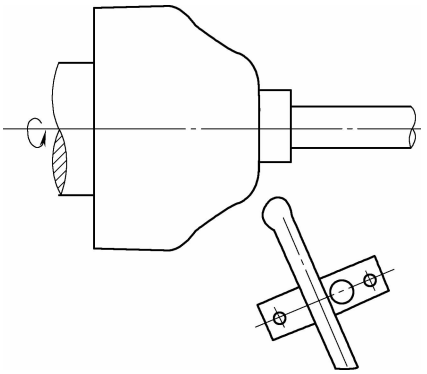


图 8-26　用圆头赶棒实施不变薄旋压

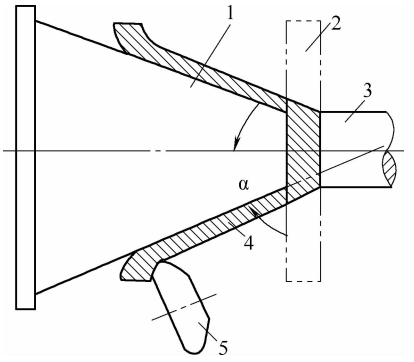


图 8-27　用旋轮实施变薄旋压

1—模具　2—毛坯　3—顶块

4—工件　5—旋轮

8.5.3　旋压成形的工艺作业形式及类别

1. 不变薄旋压（普通旋压）

根据旋压毛坯的成形方法不同，不变薄旋压又可分为以下三种。

（1）拉深旋压（拉旋） 拉深旋压就是使用平板毛坯生产旋转体薄壁空心拉深件。

旋压工艺与冲压工艺不同，它是靠设定模具的固定部分（亦称定模）对毛坯的支承，活动压头或旋轮、赶棒（亦称动模）对旋压坯件施压，使毛坯贴着定模外形变形，达到加工的目的。由于是将毛坯置于旋转的模具上，通过对毛坯的旋压实施，将平板毛坯按定模的形状和直径大小，拉深旋压成预期的直壁圆筒形、台阶形或凸肚形及其他复杂侧壁形状的旋转体薄壁空心拉深件，但其料厚不变或基本不变。该旋压法应用相对较多。其实质就是用旋压法生产拉深件的一种方法，也就是通常说的普通旋压法的一种，见图 8-26。

（2）缩径旋压（缩旋） 缩径旋压就是将旋转体薄壁空心拉深坯件缩口或局部缩径。

缩经旋压可以利用定模在薄壁空心拉深坯件内壁的支承，动模（滚轮）沿坯件径向施力旋压，使坯件口部或中间局部直径缩小，从而获得闭口、瓶口及瓶颈、凸肚等缩径的薄壁空心拉深件。缩经旋压模具结构形式见图 8-28a、c、e、g。

（3）扩径旋压（扩旋） 扩径旋压就是对旋转体薄壁空心件扩口或局部缩径。

利用动模在薄壁空心拉深坯件内沿径向施力向外旋压，而坯件壁部相应外部用固定的定模支承，使坯件局部按凹下的模腔扩径旋压，达到扩径的目的。扩径旋压模具结构形式见图 8-28b。

以上三种旋压工艺作业方法有一个共同特点，就是旋压加工前后，工件料厚基本不变。因此，这三种旋压工艺作业方法都属于不变薄旋压。

2. 变薄旋压（强力旋压）

用变薄旋压法将空心拉深坯壁部减薄，要进行强力旋压。

旋压时依靠定模支承和旋压承载厚板和中厚板拉深坯件，由旋轮（动模）在坯件表面进行强力旋压，根据变薄施压零件的形状及其旋压变形机理的差别，变薄旋压又可分为以下两种。

（1）截锥形零件变薄旋压 由于定模的截锥模体沿中心线有一个 α 角的锥度，旋轮从定模截锥的模体小端向大端施力旋压，坯件紧贴在截锥斜面上，实际上强力旋薄使材料承受剪切力而逐渐减薄，故其也称为剪切旋压。截锥形零件变薄旋压见图 8-27。

（2）圆筒形零件变薄旋压 坯件为拉深成形的直壁平底开口中厚板或厚板空心旋转体圆筒。圆筒形零件变薄旋压是在平直圆筒的定模表面进行的，材料只能朝着轴向沿施力方向流动，实际上是将多余材料挤向施力前方，实现变薄旋压，故也称挤出旋压。

8.5.4 旋压模具的结构设计及工艺参数选择

1. 常用旋压方法及要配备的旋压模具

旋压模具包括定模和动模。所谓动模就是滚轮。

旋压可在普通车床上实施。若成批或大量生产，特别是军品（如弹壳等），应选用专用旋压机，实现自动上料自动装夹及卸件。旋压模具与车夹具有些类似，要按旋压加工零件的形状与技术要求进行设计。除车头连接盘是通用的部件外，旋压模具均要根据旋压成形的需要配备与设计。图 8-28 所示为各种旋压方法常用模具结构形式。

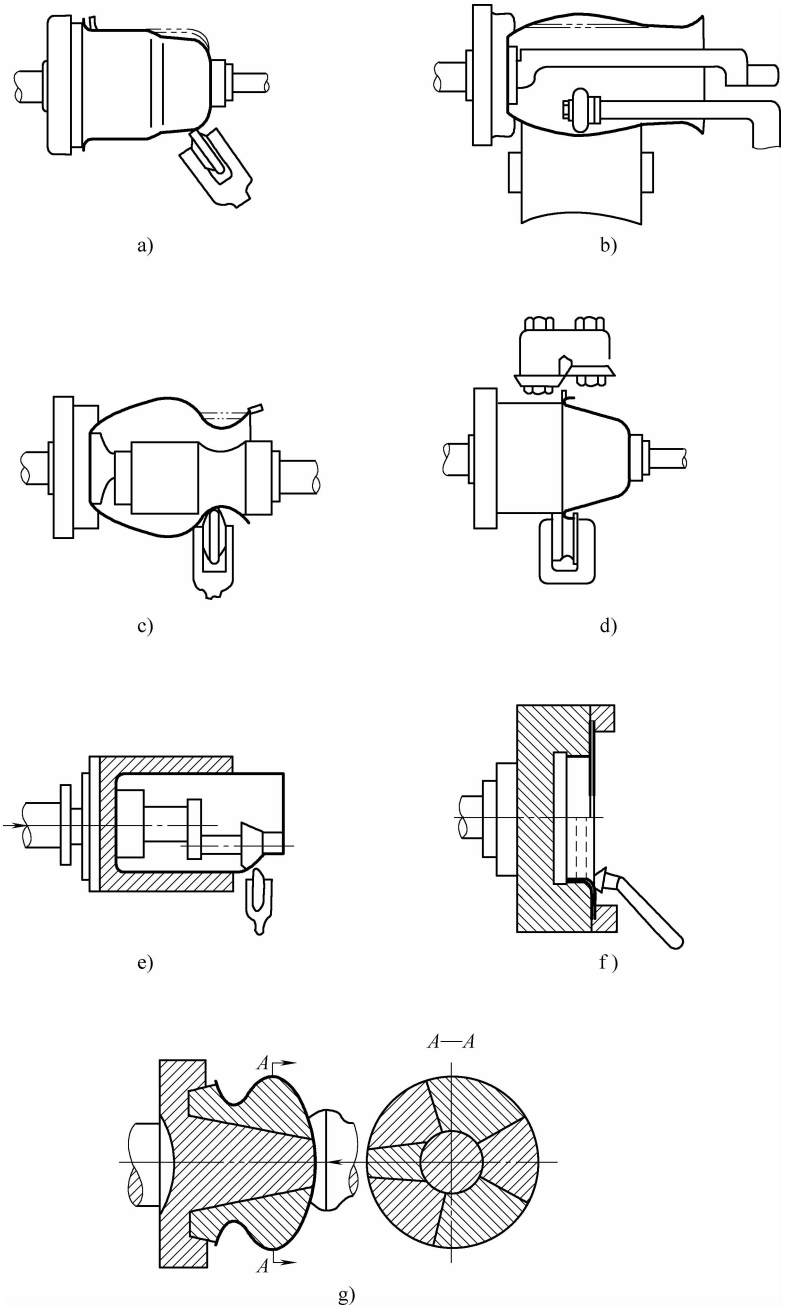


图 8-28　各种旋压方法常用模具结构形式

a）、c）、e）、g）缩径旋压模具结构形式

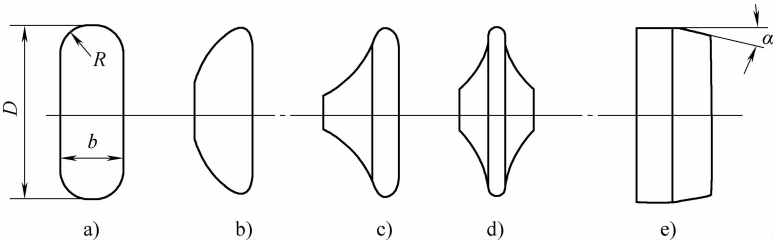
b）扩径旋压模具结构形式

d）滚边（卷边）旋压模具结构形式

f）翻边成形旋压模具结构形式

2. 旋压用旋轮形状与主要尺寸（见表 8-9）

表 8-9　旋压用旋轮形状与主要尺寸　　（单位：mm）



a）旋压空心零件　b）变薄旋压　c、d）缩口、缩径、加工波纹管　e）精加工用

序号	旋轮直径 D	旋轮宽度 b	旋轮圆角半径				
			图 a	图 b	图 c	图 d	图 e（α 处）
1	140	45	23.5	6	5	6	4（2）
2	160	47	23.5	8	6	10	4（2）
3	180	47	23.5	8	8	10	4（2）
4	200	47	23.5	10	10	12	4（2）
5	220	52	26	10	10	12	4（2）
6	250	62	31	10	10	12	4（2）

3. 工艺参数的选择

（1）旋压机主轴转速　主轴转速过低，坯件边缘易起皱，增加旋压变形阻力，导致工件破裂；主轴转速过高，材料变薄严重，材料变薄严重。旋压机主轴转速的推荐值见表 8-10。制件料厚与毛坯尺寸加大，主轴转速一般要降低，见表 8-11。

表 8-10　旋压机主轴转速的推荐值

序号	旋压制件材料	主轴转速/（r/min）
1	铝合金	250～1200
2	铜	600～800
3	黄铜	800～1100
4	软钢	400～600

表 8-11　不同料厚的铝合金旋压件的主轴转速

序号	料厚 t/mm	毛坯直径 D/mm	加工温度/℃	主轴转速/（r/min）
1	1.0～1.5	≤300	室温	600～1200
2	>1.5～3.0	>300～600	室温	400～750
3	>3.0～5.0	>600～900	室温	250～600
4	>5.0～10.0	>900～1800	200	50～250

（2）毛坯尺寸计算　根据不同的旋压类型，采用如下不同的计算方法。

1）普通旋压料厚不变薄，按等面积法计算。根据旋压件的形状，因为都是旋转体空心件，可采用相当的拉深件毛坯计算公式。由于旋压时金属发生减薄，工件表面积会有所增加，虽非刻意追求，但加工过程不可避免，一般实际毛坯直径比理论计算毛坯直径小约 3%～5%，应在试验后对计算结果调整。

2）强力变薄工件的毛坯应根据等体积法计算。

第 9 章　楔传动冲模的结构设计

以人为本，确保冲压生产中的人身安全，是现代冲压技术中职业安全与劳动保护的老大难课题。国内外的大量研究与实践经验都证明，冲压生产的安全出路，在于冲压生产全过程的机械化与自动化，而且必须从冲模运作过程的机械化与自动化开始。在现代冲压的大量生产中，广泛使用着用楔传动的冲模。冲模用楔及楔传动机构，不仅能对冲压方向以外的任意方向施力冲压，而且能驱动送料机构送料、自动卸件与出件等各种动作。因此，楔传动在所有类型的冲模结构中都会遇到。斜楔及楔传动机构是冲模结构设计的重要组成部分，也是冲模机械化与自动化运作的主要结构之一。

9.1　冲模的横向冲压作业及楔的功能

9.1.1　冲模的横向冲压动作及其应用

采用连续模，特别是多工位连续式复合模，直接用原材料一模成形冲制形状复杂的各种立体形冲压零件，是现代冲压技术中实现冲压全过程机械化与自动化的核心技术。如果用传统的分序多模冲制，机械化便无从谈起，更不要说自动化了。

为了能在一套多工位连续式复合模上，连续完成形状复杂的立体形冲压零件的冲制工作，常常需要各个方向的冲压动作，如水平的冲压动作、与冲压方向呈任意角度倾斜的冲压动作、自下而上的冲压动作、自外向里及从里向外的冲压动作、从中心向四面八方辐射的冲压动作等。这种冲压方向以外的冲压动作，通称为横向冲压动作。

在连续式复合模中，经常采用横向冲压作业，即便是单工序冲模，有一些也需要横向施力冲压。比较突出的例子是大多数闭式弯曲件的单工序弯曲成形模，总是采用不同的弯曲模结构形式，实施横向施力弯曲。例如，常见的弯圆环及类似弯曲件，采用摆动块或摆动夹弯曲模；弯曲弹夹、簧夹等闭式弯曲件，采用滚轴式与折板式，以及斜楔传动的分体凹模式弯曲模等。

9.1.2　冲模横向冲压结构的种类

通常情况下要实施横向冲压，必须先将压力机滑块输出的垂直冲压力转变成所需的横向冲压力进行横向冲压，否则就要另备动力源，用于需要进行横向冲压工位施加冲压力的动力。冲压车间常用的其他动力源为压缩空气或液压能源。这样做不仅使模具结构复杂而庞大，而且效率低、不经济。

目前采用较多的、装在冲模上改变压力机冲压力方向的机构有：楔传动机构、杠杆机构、肘杆机构、齿轮齿条传动机构、凸轮与偏心轮传动机构、分体活动模芯变向冲压机构等。

在上述横向冲压的传动机构中，由冲模带动的各种楔传动机构具有结构紧凑、与压力机冲压动作协调一致性好、安全可靠、造价低廉、适用范围广等优点。因此，该传动机构在冲

模中应用广泛，使用效果很好。

9.1.3 楔传动机构的功能及楔传动冲模的类型

冲模在下述情况下，应该使用楔传动机构，完成各种冲压作业及送料、卸件动作。

1）需要完成横向的或任意角度的冲压。

2）需要用楔直接驱动专用或通用的送料装置，实现自动送料。这些送料装置包括：钩式、辊式、夹滚式、夹刃式、夹钳式等。

3）需要用楔传动机构带动冲模上的专用送料机构，将单个毛坯、片（块）料或落料工位的片坯，推送入模。这种使用场合包括：用楔推动滑板进行送料、带动摆杆推送机构或杠杆机构进行送料等。

4）用楔直接驱动拨料器、取件装置等，实现模上出件自动化。

5）用多组楔传动机构，同时实现横向冲压、自动送料和自动出件，实现全自动冲压。

上述各种用途的楔传动机构都是利用斜楔的工作端斜面，推动与其相配对的楔滑块斜面（或滑轮），由装在楔滑块另一端的凸模或推杆（板）直接完成横向冲压或工位间送进动作；而用于推送片料或卸件的楔传动机构，则通过一套摆杆系统或杠杆机构，间接完成期望的动作。

使用楔传动机构的冲模大致可分为以下几种类型：

1）横向冲压的单冲模。仅用楔传动机构进行一个冲压工序，包含一个也可以是几个方向的各种冲压作业，如在圆筒拉深件侧壁上冲孔、切槽。一般仅能完成一个工序，即便是几个方向上的冲孔、切槽，无论是由外向里或由里向外，都只能是一次冲压，全部同时完成。

2）有横向冲压动作的多工位连续模，用一套或几套楔传动机构、实现一个或几个方向的横向冲压动作。通常多用于多向弯曲的复杂形状弯曲件，在一副模具上连续进行横向弯曲、打孔等。

3）有横向冲压和自动送料的自动或半自动多工位连续复合模。

4）全自动冲模。用楔传动机构带动专用送料装置或推卸系统，实现全自动冲压。

9.2 冲模用斜楔的基本类型与结构

冲模上常用斜楔的主要功能是改变冲压力方向。受安装位置制约，或与连接、驱动零部件要求的限制，尤其是要求楔驱动行程的长短及行程轨迹不同等，使得斜楔的形状结构千变万化。下面对中小型普通全钢冲模用常规斜楔的基本类型及其结构进行介绍。

9.2.1 单作用驱动楔

这种楔的作用是改变力的方向、传递力给与其配对使用的楔滑块。仅有一个利用楔角斜面推动楔滑块的动作，而楔滑块的回程则需借助于弹簧，或配备气动装置或液压缸，使楔滑块进行柔性复位。这种只施加单向推力的楔，称为单作用驱动楔。这种楔依其形状结构不同又有多种类型：仅有一面楔角，推动一个楔滑块的单面结构；有对称两面楔角，向相对两个方向推动两个楔滑块的两面结构；有四面相同楔角，向四方推动四个楔滑块的四面结构等，见图 9-1。

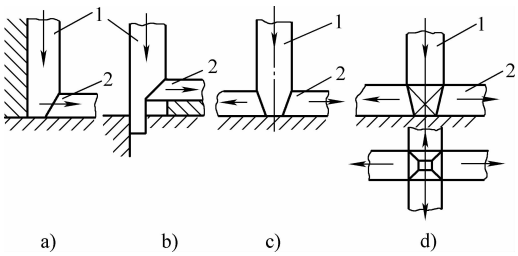


图 9-1　单作用驱动楔及楔传动机构

a）单面结构　b）下模支撑的单面结构　c）双面结构　d）四面结构

1—楔　2—楔滑块

斜楔作为一个专用零件，可以单独使用，利用其斜面沿冲压方向，直接驱动横置模具工作零件冲压；也可以与配对楔滑块及其成套零部件构成楔传动机构，作为冲模结构中改变冲压力方向、传递压力的执行机构。

其结构与动作特点如下：

1）单面结构，只起单面推动作用，用单斜角楔驱动楔滑块，见图 9-1a。

2）下模支撑的单面结构，用于滑块力较大的冲模中，见图 9-1b。

3）双面结构，同时推动两个楔滑块，见图 9-1c。

4）四面结构，同时推动四个楔滑块，见图 9-1d。

由于楔与楔滑块配对使用，故整个楔传动机构要考虑楔滑块的复位动作。上述各种单作用楔及由单作用楔构成的楔传动机构，对滑块无复位作用。这种楔只施加推动楔滑块的压力，而楔滑块的复位多采用弹簧、液压或压缩空气。对楔滑块使用弹簧复位，称为弹性复位；对滑块使用液压或气压复位，称为柔性复位，多用于大型冲模。

在冲模结构中，经常使用的各种不同形状的单作用斜楔有：截锥形头圆柱楔、圆弧面斜楔、圆环筒楔、弓形架楔、固定板（条）楔等。这些都是由上述单作用驱动楔的基本结构形式演变、派生而来的。

9.2.2　双作用驱动楔

这种楔不仅能推动楔滑块，还可对楔滑块进行强制复位。图 9-2 所示双作用驱动楔就是

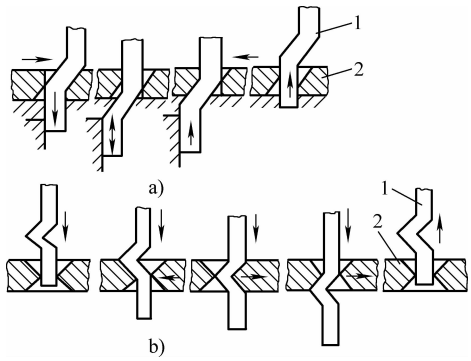


图 9-2　双作用驱动楔的工作过程

a）Ⅰ型（斜楔上下往复一次，驱动楔滑块左右往复一次）

b）Ⅱ型（斜楔上下往复一次，驱动楔滑块左右往复二次）

1—楔　2—楔滑块

对楔滑块有强制复位作用的斜楔。这种楔是利用本身双斜面结构，推动楔滑块使其复位。这种楔除在压力机滑块下行冲压时施力驱动楔滑块外，还可当压力机滑块回程时在相反方向施加推力，使楔滑块复位，故亦称其为双作用楔。该楔使楔滑块复位的方式称为刚性复位。

9.2.3　单向与多向动作固定楔

这种楔依靠自身的、多段斜面组合的折线形固定导向面，使浮动楔滑块沿这个固定导向面顺次向几个或一个固定方向运动，实施横向冲压动作，见图 9-3。

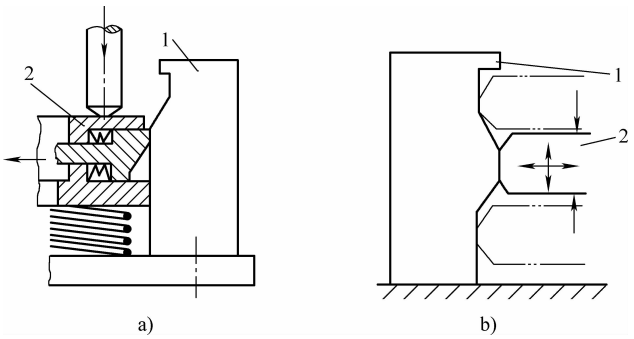


图 9-3　单向与多向动作固定楔

a）单向动作固定楔　b）多向动作固定楔

1—楔　2—楔滑块

9.3　楔传动机构的结构形式及其构成

楔与楔滑块配对使用，构成楔传动机构。楔将压力机滑块输出的冲压力改变方向后，传递给楔滑块，直接推动装在楔滑块端头的横向冲压用凸模或凹模，进行冲压；利用楔驱动冲模附带的送料装置送料，以及利用楔传动机构，实现对单个毛坯或半成品的自动送料、推卸工件出模，特别是实现工位间自动送料，为自动冲压创造条件。

斜楔按安装位置及施力方向不同可分为：水平斜楔、下倾斜楔及上倾斜楔等，涉及与斜楔配对的滑块导向面所处空间位置，即其与水平面的夹角 θ。θ 为 0°，即为水平斜楔；θ 为正值，即为上倾斜楔；θ 为负值，即为下倾斜楔。

9.3.1　楔传动机构的基本结构形式

中小型普通全钢冲模常用楔传动机构基本结构形式见图 9-4。此外，还有单向动作与多向动作固定楔传动机构，其基本结构形式见图 9-3；从里向外、由外向里，以及由中心向外辐射等各种楔传动机构，结构形式很多。图 9-4f 仅示出了由中心向四周的一种结构形式。其他形式在后续典型结构实例中陆续介绍。

9.3.2　各种楔传动机构的基本构成

冲模用楔、与其配对使用的楔滑块，加上配套的各种零部件，构成冲模用完整的楔传动机构。楔的种类很多，配对使用的楔滑块结构形状各异，构成的楔传动机构也各不相同。表 9-1 所示为冲模用斜楔的类型及楔传动机构。

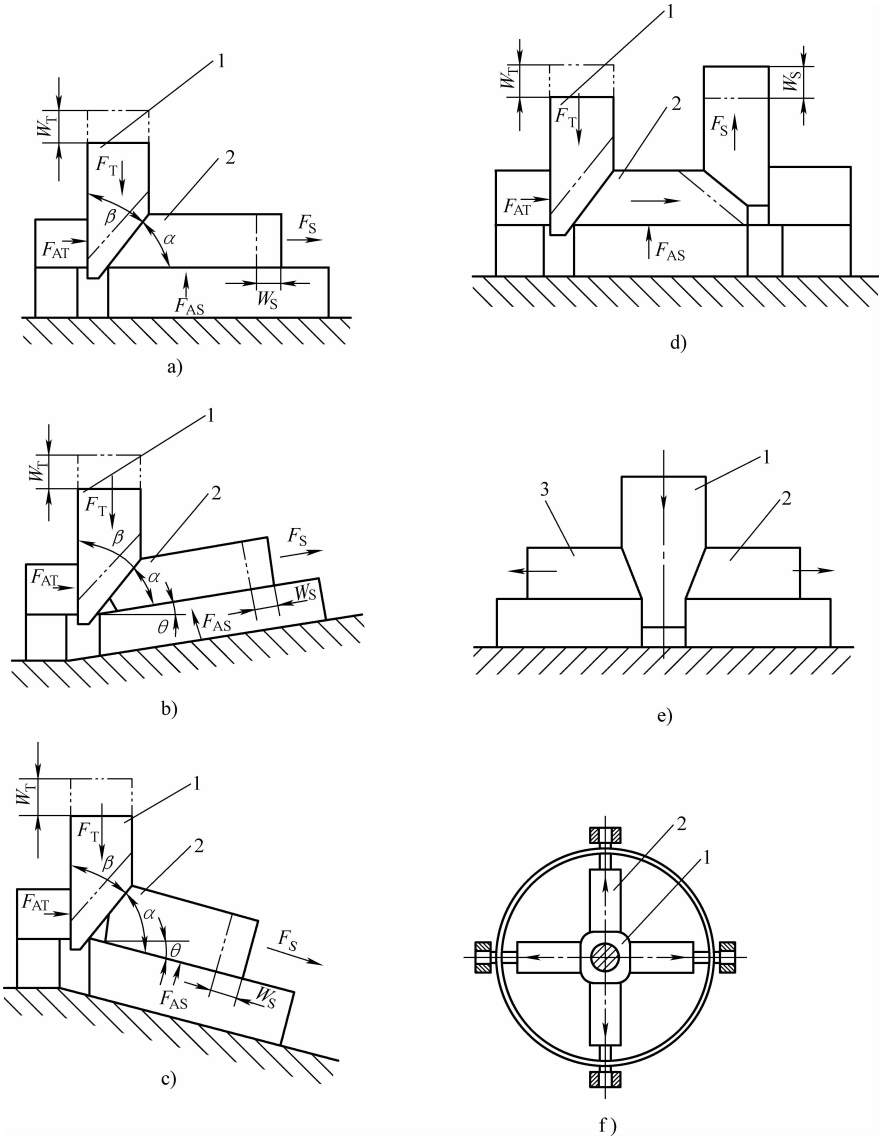


图 9-4　楔传动机构的基本结构形式

a）水平的（也是标准的结构形式）　b）上倾的　c）下倾的

d）由下向上的　e）由里向外的　f）由中心向四周的

1—楔　2、3—楔滑块

α—楔滑块角（°），即与斜楔接触吻合的斜角

β—斜楔角（°），即斜楔工作段斜面驱动角

θ—楔滑块导向平面角（°），即楔滑块底面与水平面的夹角

F_S—楔滑块输出压力（kN）

F_T—斜楔推力（kN）　W_T—斜楔行程（mm）

W_S—楔滑块行程（mm）　F_{AT}—斜楔支承力（kN）

F_{AS}—楔滑块支承力（kN）

表 9-1　冲模用斜楔的类型及楔传动机构

序号	斜楔类别	楔滑块运动方式	楔传动机构的特点	楔传动机构的构成	楔滑块复位方式	说明
1	单作用驱动斜楔	水平的	单面结构	斜楔 + 楔滑块 + 执行动作零部件	弹性复位	可用弹簧、液压或气压装置完成弹性复位
2			有支承的单面结构		弹性复位	
3			双面结构		弹性复位	
4			四面结构		弹性复位	
5		任意角度、任意方向倾斜的	上倾、下斜的及任意偏斜的单面结构	斜楔 + 楔滑块 + 执行动作零部件	弹性复位	
6			由下向上的单向结构	楔 + 中间楔滑块 + 滑块 + 执行机构	弹性复位	
7	双作用驱动斜楔	水平的	Ⅰ型	斜楔 + 楔滑块	自动刚性复位	用自身的双斜面刚性复位
8			Ⅱ型	斜楔 + 楔滑块	自动刚性复位	
9	单作用异形专用斜楔	水平的	厚壁圆筒内角口斜楔	圆筒楔 + 多个楔滑块 + 执行动作零部件	弹性复位	由外向里推动同一圆周上楔滑块冲压
10			圆锥头斜楔	圆锥头楔 + 多个楔滑块 + 执行动作零件	弹性复位	由里向外推动多个楔滑块冲压
11			多斜面台阶形斜楔、单斜角专用斜楔等	异形专用楔 + 执行动作机构	弹性复位	完成两个或多个横向动作；专用横向动作斜楔
12	单向动作固定楔	任意方向	固定楔一个斜角	固定楔 + 楔滑块	弹性复位	只完成一个横向动作
13	多向动作固定楔	水平的不同方向	固定楔多段斜角	固定楔 + 楔滑块	弹性复位	可完成多个横向冲压动作

9.4　楔传动机构的设计及简化计算

冲模用楔传动机构的设计主要应解决以下几个问题：

1）楔及配对楔滑块工作面斜角的确定。

2）压力机传递给楔的压力大小的计算。

3）楔滑块推力大小的计算。

4）楔与楔滑块支承面上支承力大小的计算。

5）楔与楔滑块断面尺寸及长度的确定。

现在，国内尚无这方面的设计与技术指导性的标准规范，国内相关出版物也无详细的介绍；而这些数据及其设计与计算方法，正是楔传动机构的结构设计与强度计算所必需的。

普通全钢冲模中使用的楔传动机构的标准结构形式见图 9-4a。下面以该标准通用结构形式为例，介绍楔传动机构的通用简捷计算与图算法。楔及楔传动机构的主要技术参数名称及符号见图 9-4 注释。

9.4.1　楔角度与楔滑块角度的确定

在冲模的结构设计中，主要根据冲压工艺进行横向冲压、送料或卸（出）件，以及改变冲压力方向实施各种动作的需要，确定采用楔与楔传动机构，故其安装位置可事先确定。

知道楔滑块导向面与水平面夹角 θ 值后，即可用图 9-5 求得斜楔角 β 值；而后便可由选定的 β 值计算出楔滑块角度 α 值。

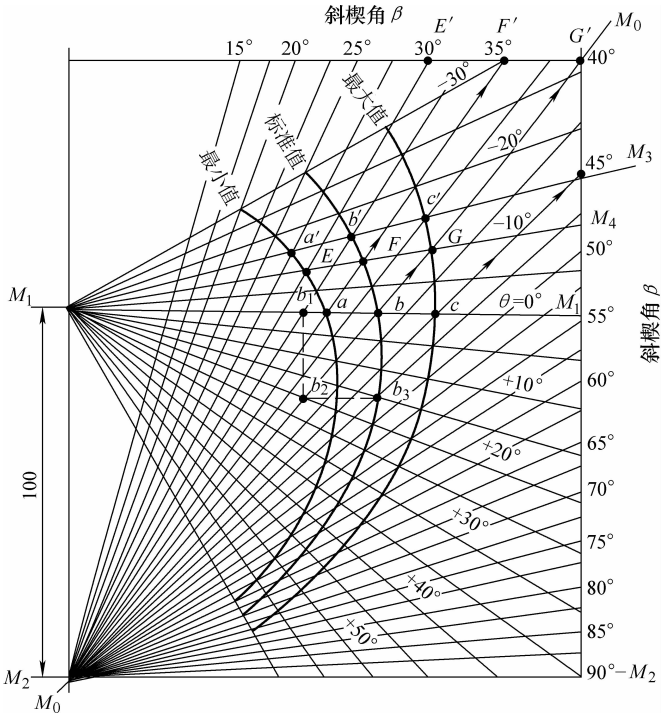


图 9-5　楔参数图算诺谟图

例如，$\theta=0°$，即楔滑块的导向面是水平的，见图 9-4a。从图 9-5 中可以看出，当 θ 为 0°时，有 M_1—M_1 线与图中三条弧线相交于 a、b、c 三点，再依此三点沿箭头方向至楔角度刻度线，得 β 角最大值为 45°，标准值为 40°，最小值为 35°。在 $\theta=0°$值情况下，通常选取标准值，$\beta=40°$。但当 $\theta\neq0°$时，需要按下述原则，并考虑冲模结构的特殊需要确定：

1）当楔支承力 F_{AT}与楔滑块支承力 F_{AS}相等时，选用 β 的标准值，见图 9-4a。

2）当 $F_{AT}<F_{AS}$时，选用 β 的最大值。

3）当 $F_{AT}>F_{AS}$时，选用 β 的最小值。

有时为了提高楔传动速度，设计所谓“高速斜楔”，可优先选用 β 的最小值；而要使楔具有较小的支承力 F_{AT}，则选用 β 的最大值较为有利。β 值确定之后，即可用下述公式求出 α 值：

当 $\theta=0°$时

$$\alpha=90°-\beta \tag{9-1}$$

当 $\theta\neq0°$时

$$\alpha=90°-\beta\pm\theta \tag{9-2}$$

例如，当楔滑块导向面与水平面有 −15°夹角时，为下倾的楔传动机构（见图 9-4c），

即有 $\theta = -15°$。则在图 9-5 中可找出 M_1—M_3 线，并与三条弧线交于 a'、b'、c'三点，得到β的最小值为 27.5°，标准值为 32.5°，最大值为 37.5°。若取 $\beta = 37.5°$，$\theta = -15°$，代入式（9-2）得：$\alpha = 90° - 37.5° + 15° = 67.5°$。

使用图 9-5 图算楔角 β 值，应注意准确确定 θ 值。通常楔滑块都是水平安装的，$\theta = 0°$；当倾斜安装时，要对相关参数：F_S、W_S、F_{AS}等进行复算，满足设计要求后，再最终确定 θ 值。θ 值的误差大，会影响 β 值，从而影响整个楔传动机构全部技术参数的改变。如楔滑块下倾 -10°。在图 9-5 上可引出 M_1—M_4 线，与三条弧线相交得 E、F、G 三点，$\beta_{min} = 30°$（E'点）；$\beta_{max} = 40°$（G'点）；标准 β 值为 35°（F'点）。与上例 $\theta = -15°$，有不小变化。F_S、W_S、F_{AS}等值变化更大。

关于斜楔角 β 的大小，没有统一的标准。β 的选取归纳起来有以下 3 种情况：

1）一般取 $\beta = 45°$，因为当 $\beta = 45°$时，楔滑块的行程 W_S 和输出的冲压力 F_S，与压力机传递给斜楔的行程和压力相等或接近，因此是最好的。

2）考虑楔传动机构在运动中的摩擦损失，为确保楔滑块输出足够的冲压力，β 取 40°甚至更小，可取 30°～40°。

3）以机构运动中摩擦损失最小而机械效率最高为依据选取 β 角。根据长期生产实践经验和理论推导，如使楔和楔传动机构具有最高的机械效率，经计算，以 $\beta = 39°47'$为最好；为加工方便，可取 $\beta = 40°$。一般推荐 β_{min}为 35°，β_{max}为 45°，其标准值为 40°。

确定 α、β 值之后，又知道楔及楔传动机构的安装位置和 θ 值，可优先采用的楔传动机构中相关参数见表 9-2。

表 9-2　冲模用楔传动机构参数

楔滑块运动方式	简图	斜楔角 β/（°）	楔滑块角 α/（°）	楔滑块底面与水平面夹角 $\pm\theta$/（°）									推荐 β 值
				0	5	10	15	20	25	30	40	45	
				楔滑块行程占楔行程比例 W_S/W_T（%）									
水平的	见图 9-4a	30	60	57.74	—	—	—	—	—	—	—	—	β_{min}为 35°，β_{max} 为 45°，标准值为 40°
水平的		35	55	70.02	—	—	—	—	—	—	—	—	
水平的		40	50	83.91	—	—	—	—	—	—	—	—	
水平的		45	45	100	—	—	—	—	—	—	—	—	
水平的		50	40	119.17	—	—	—	—	—	—	—	—	
水平的		55	35	142.81	—	—	—	—	—	—	—	—	
水平的		60	30	173.21	—	—	—	—	—	—	—	—	
下倾的	见图 9-4c	30	55	—	—	53.2	—	—	—	—	—	—	
下倾的		35	60	—	—	—	61	—	—	—	—	—	
下倾的		40	65	—	—	—	—	66.5	—	—	—	—	
下倾的		45	70	—	—	—	—	—	73.2	—	—	—	
下倾的		50	75	—	—	—	—	—	—	79.3	—	—	
下倾的		60	85	—	—	—	—	—	—	—	92.2	—	
上倾的	见图 9-4b	35	50	—	74.88	—	—	—	—	—	—	—	
上倾的		40	55	—	—	100	—	—	—	—	—	—	
上倾的		45	60	—	—	—	123.3	—	—	—	—	—	

9.4.2　楔及楔传动机构主要功能参数的计算

设置斜楔及楔传动机构的目的是改变压力机冲压力的方向。现以水平横向冲压为例，进行如下基本计算。

设用楔滑块进行横向冲压的冲压力，即需要楔滑块输出的压力 $F_S=185\text{kN}$；冲压工作行程，即楔滑块行程 $W_S=20\text{mm}$；楔传动机构的楔滑块为水平安装，即 $\theta=0°$。斜楔及楔传动机构的零件均为钢材，并经切削加工和热处理；其传动部位的各接触面构成的摩擦副，均经精磨，表面粗糙度 $Ra<1.0\mu\text{m}$；运作时涂润滑剂，可达到半流体摩擦状态，按硬钢对硬钢的光滑表面半流体摩擦考虑，摩擦因数 $f<0.1$，实测在 0.085 ~ 0.087 之间，即 $f=\tan e\leqslant 0.087$，摩擦角 $e\leqslant 5°$，现取 $e=5°$。

根据上述工艺给定的 F_S、W_S、θ、e 等已知参数，便可依据图 9-4a 所示通用标准结构形式承载示意图，按常规三角函数关系推导的以下公式进行计算。表 9-2 所列的工艺参数可供设计参考选用。

1）压力机传递给斜楔的压力（含摩擦力）F_T 的计算公式为

$$F_T=F_S\frac{\sin(\beta+2e)}{\sin(90°-\beta+\theta-2e)} \tag{9-3}$$

代入已知数据得

$$F_T=185\times\frac{\sin(40°+2\times5°)}{\sin(90°-40°+0°-2\times5°)}\text{kN}=220.1\text{kN}$$

2）斜楔驱动行程（含初始行程、空行程和工作行程）W_T 的计算公式为

$$W_T=W_S\frac{\sin(90°-\beta+\theta)}{\sin\beta} \tag{9-4}$$

代入已知数据得

$$W_T=20\times\frac{\sin(90°-40+0°)}{\sin40°}\text{mm}=23.8\text{mm}$$

3）楔滑块的支承压力 F_{AS}的计算公式为

$$F_{AS}=F_S=\frac{\sin(90°-\beta-e)}{\sin(90°-\beta+\theta-2e)} \tag{9-5}$$

代入已知数据得

$$F_{AS}=185\times\frac{\sin(90°-40-5°)}{\sin(90°-40°+0°-2\times5°)}\text{kN}=203.5\text{kN}$$

4）斜楔支承面上的支承压力 F_{AT}的计算公式为

$$F_{AT}=F_S\frac{\sin(90°-\beta-e)}{\sin(90°-\beta+\theta-2e)} \tag{9-6}$$

代入已知数据得

$$F_{AT}=185\times\frac{\sin(90°-40-5°)}{\sin(90°-40°+0°-2\times5°)}\text{kN}=203.5\text{kN}$$

经工艺常规计算，可以求出楔滑块的工作行程，以及冲模结构必需的空行程，两者之和即为由冲模设计者确定的楔滑块行程 W_S。如楔滑块必需的冲压行程 $W_S=20\text{mm}$，根据楔传动机构的实际工作情况和需要，还可用图 9-5 图算求得 W_T 值。利用本例中各已知数在图9-5中的 M_1—M_1 楔滑块导向平面线（$\theta=0°$）上，依选用 $\beta=40°$的基点 b 为出发点，向左截取

b—b_1 线段为 20mm（$W_S = 20$mm）。从 b_1 引垂线与 $\beta = 40°$ 的 M_0—M_0 射线相交于 b_2 点，则 b_1—b_2 线段即为 $W_T = 23.8$mm；再从 b_2 引出与 M_1—M_1 线平行的线段，并与从 b 点引出的垂线相交于 b_3 点，则 b_2—b_3 线段即为 $W_S = 20$mm。

9.4.3　楔及楔传动机构主要零件尺寸的确定

1. 楔的主要尺寸计算

楔靠工作段斜面工作，在确定其楔角 β 后，便可依其动作需要和工艺要求，求出楔计算行程 W_T 等参数，设计楔的形状，计算楔的总长度 $L_{楔}$、楔的断面尺寸（厚度 $T_{楔}$ × 宽度 $B_{楔}$）。

$L_{楔}$ 应视其动作过程与冲压过程的关系，按闭模状态进行计算。

（1）驱动送料装置送料与出件的楔长度 $L_{楔}$　在冲压过程完成后，上模回程上升，脱离下模表面一段高度后，楔才能驱动送料装置送料。无论是用楔直接驱动，还是楔脱开楔滑块由弹簧拉送，所需楔的长度 $L_{楔}$ 相同，即

$$L_{楔} = L_{凸} + W_T + T_{导} + h_{模} \tag{9-7}$$

式中，$L_{凸}$ 为使用斜楔或楔传动冲模中最长凸模的总长度（mm）；W_T 为斜楔驱动行程，含初始行程、空行程和工作行程（mm），见式（9-4）；$T_{导}$ 为冲模导料板厚度或工件最大高度（mm）；$h_{模}$ 为冲模的空间余量（mm），取 6 ~ 10mm。

（2）用于横向冲压的楔长度 $L_{楔}$　多工位冲模用于横向冲压的楔长度 $L_{楔}$ 为

$$L_{楔} = L_{凸} \tag{9-8}$$

单工步用楔驱动横置凸模用于横向冲压的楔长度 $L_{楔}$ 为

$$L_{楔} = W_T + L_1 + L_{固} \approx L'_{凸} + h_{模} \tag{9-9}$$

式中，L_1 为楔的杆部长度（mm）；$L_{固}$ 为楔的固定段即装入固定板的长度（mm）；$L'_{凸}$ 为计算凸模长度（mm）；其余符号意义同上。

（3）楔的断面尺寸　用于楔传动机构的驱动斜楔，传递横向压力，承受较大的侧向载荷，其工作稳定性及强度必须保证。通常采用矩形断面，在确保其刚度与稳定性的前提下，楔厚度 $T_{楔}$ 与楔的宽度 $B_{楔}$，按下式计算：

$$T_{楔} > 12\text{mm} \tag{9-10}$$

$$B_{楔} > （2 \sim 3）\ T_{楔} \tag{9-11}$$

同时推动两个或多个楔滑块的楔，则多用方形或多边形楔，以保证制出合适的楔角 β 与楔滑块角 α 相吻合。由中心向外直接驱动凸模向圆周冲压的楔，大多制成截锥形。其尺寸按下式计算：

$$W_T = \frac{(d_{大} - d_{小})}{2} \tag{9-12}$$

式中，$d_{大}$、$d_{小}$ 分别为截锥圆楔大小头直径（mm）；W_T 为楔驱动行程（mm），W_T 值是冲压工艺给定已知数。

$d_{小}$ 值按模具结构需要由设计人员确定，计算十分简便。

2. 楔滑块尺寸的计算

与楔配对使用的楔滑块尺寸的确定，取决于它的功能和冲模结构需要。根据已知楔滑块行程 W_T、冲压工位尺寸或送料系统连接尺寸，兼顾已确定配对的楔尺寸，可以方便地确定楔滑块的长与宽，原则上其长度与宽度比为（1 ~ 2.5）∶ 1，确保运行平稳即可。

9.5　用楔传动冲模在圆筒形拉深件侧壁上冲孔与切槽

在空心圆筒形拉深件的侧壁上冲孔、切槽及各种成形工艺作业，存在一定的难度。例如，由于拉深件壁薄，在冲压前入模定位的动作不易自动化，冲压过程中易变形；圆筒侧壁是一个圆弧面，无论是冲裁或成形，都必须在确保圆弧面不变形的条件下进行，故凸凹模的工作表面，必须具有与加工圆弧面相吻合的圆弧；在圆筒侧壁冲群孔、群槽孔及孔槽并冲等，通常都有较严的几何精度要求，每次只能冲一孔或一槽的单冲模，很难达到要求。

9.5.1　工艺对比

选择加工工艺时，在确保交货期与质量的前提下，应该仔细考虑降低生产成本，特别是要将模具费所占产品成本的比例降下来，往往要依据投产批量与生产性质，选用表 9-3 所列不同的工艺方法。

表 9-3　空心圆筒形拉深件壁部冲孔与切槽孔工艺对比

加工工艺	使用工艺装备	加工设备	加工精度	生产率	适用范围	说明
切削	通用夹具	通用钻床与铣床	IT9 ~ IT10	很低	单件生产	用于新品样试
切削	专用夹具	通用钻床与铣床	IT9	较低	小批生产	用于新品批试及小批生产
切削	气动或液压夹具	通用钻铣床组合 + 装卸件机械手	IT9	一般群孔、群槽，生产率一般	大批量生产	全自动柔性生产线，生产成本较高，生产率低于冲压，可以适时调整生产品种，适用范围广
切削	气动或液压夹具	多工位专用组合机床	IT9	切削加工中生产率高的一种，但比冲压加工生产率低得多	大量生产	全自动专门加工生产线，加工适用范围窄，可变性小，一次性投资大
冲压	每次只能冲一孔或一槽的单冲模	普通压力机	IT11	一般	批量生产	模具结构简单，冲件成本低，冲件几何精度低
冲压	楔传动冲模冲孔、冲槽	普通压力机	IT10	很高	大批量生产	群孔、群槽一次冲出，几何精度高，生产率高，成本低，工件互换性强，一致性好

9.5.2　加工零件工艺分析及工艺选择

欲冲孔或切槽的空心圆筒形拉深件，其结构尺寸、欲冲侧壁孔径、异形孔形状、槽孔形状及尺寸、工件料厚等参数，决定了加工件的工艺性。这些参数加上投产批量，便是合理工艺选择的依据。

1）圆筒壁上非圆的异形孔、任意槽孔、沉孔与压印、压花、翻孔等，只有采用冲压加工才能做到经济合理。

2）对于壁部只有圆孔或缝隙较大的直线形槽孔，直径大于 ϕ200mm 的大型圆筒形拉深件，在其料厚大于 4.75mm 且产量不大的情况下，切削加工不仅质量好，而且投产快，成本低。

3）具有群孔、群槽且有位置度要求的、壁厚不大于 3mm 的薄壁圆筒形拉深件，采用冲压工艺且一次冲出为宜。

4）对于外径大、料厚的空心圆筒形拉深件，产量不大时，受现场压力机台面尺寸及吨位的制约，在多数情况下，用切削加工更经济。

5）对于外径不大、壁部冲孔直径相对较大，外径大、壁部孔很小，料厚 t 较大、圆孔直径不大于料厚等情况的圆筒形拉深件，如果产量不大，有时切削加工更合理。

6）对于侧壁仅有一个或两个等径圆孔的空心拉深件，即便在批量生产的情况下，切削加工也会取得良好的技术经济效益。

7）对于侧壁上有异形孔的圆筒拉深件，曲线槽孔即便产量不大，冲压也比切削有利。

8）圆筒拉深件侧壁上有位置度、对称度等几何精度要求的异形群孔，以及走向各异、宽窄不同的曲线群槽孔，用冲模一次冲出，质量好，生产率高且成本低。

9.5.3 圆筒形薄壁空心件侧壁冲孔模结构及设计

从表 9-3 和以上工艺分析中可以看出，对于侧壁上具有群孔、群槽且孔与槽有一定几何精度，尤其是相对位置度公差小，而又要成批大量生产的圆筒形拉深件，应采用冲压加工，最好是一次冲出侧壁上所有的孔和槽。楔传动一次冲孔、切槽冲模不仅具有这种功能，而且冲件质量高，互换性强，一致性好，操作简单、安全。

1. 仪表壳楔传动侧壁冲孔模

图 9-6 所示为仪表壳楔传动侧壁冲孔模。该冲模可一次冲出互成 120°角的 3 个等高、等径的 ϕ3.2mm 小孔。该冲件由铍膜合金板经拉深、切边与冲底孔后，再冲侧壁 3 个 ϕ3.2mm 小孔制成。其孔中心距工件口部边沿为（5 ± 0.1）mm，三孔沿 ϕ50mm 外圆侧壁互呈 120° ± 10′。曾采用专用夹具钻孔，每班产量为 200 ~ 250 件，生产率太低；而采用单冲模每次冲一孔的方法，又达不到 120° ± 10′及（5 ± 0.1）mm 位置度的要求。故使用图 9-6 所示楔传动冲模，可以较方便地达到上述精度要求，生产率比切削加工高 2.5 ~ 3 倍。

该冲孔模采用 3 组结构完全相同的双作用楔及其配对使用的楔滑块，构成 3 组楔传动机构。冲孔凸模 11 装在楔滑块 13 的端头，并与凹模座 14 构成 3 组完全相同的冲孔工位。双作用驱动楔不仅能推动楔滑块前进冲孔，还可以在上模回程中拉动楔滑块复位。其动作过程如图 9-2a 所示。

该冲模的冲孔过程：把要冲孔的圆筒形拉深件套在凹模座 14 上，并用定位销 15、27 插入工件底部的两孔中定位。上模下行用压紧凸模 26，将工件压紧在凹模座上。3 个斜楔靠其工作段内边斜面，驱动与其吻合的楔滑块斜面，推动凸模由外向内同时冲出 3 个 ϕ3.2mm 的孔。上模回程，斜楔利用其外斜面，将楔滑块拉回复位。操作者压下杠杆 33 的模外手柄，通过支承架 32 和顶杆 28 将工件顶出模。

该冲模的优点是 3 组楔传动机构的组成零部件完全相同，制造与修理都十分方便。

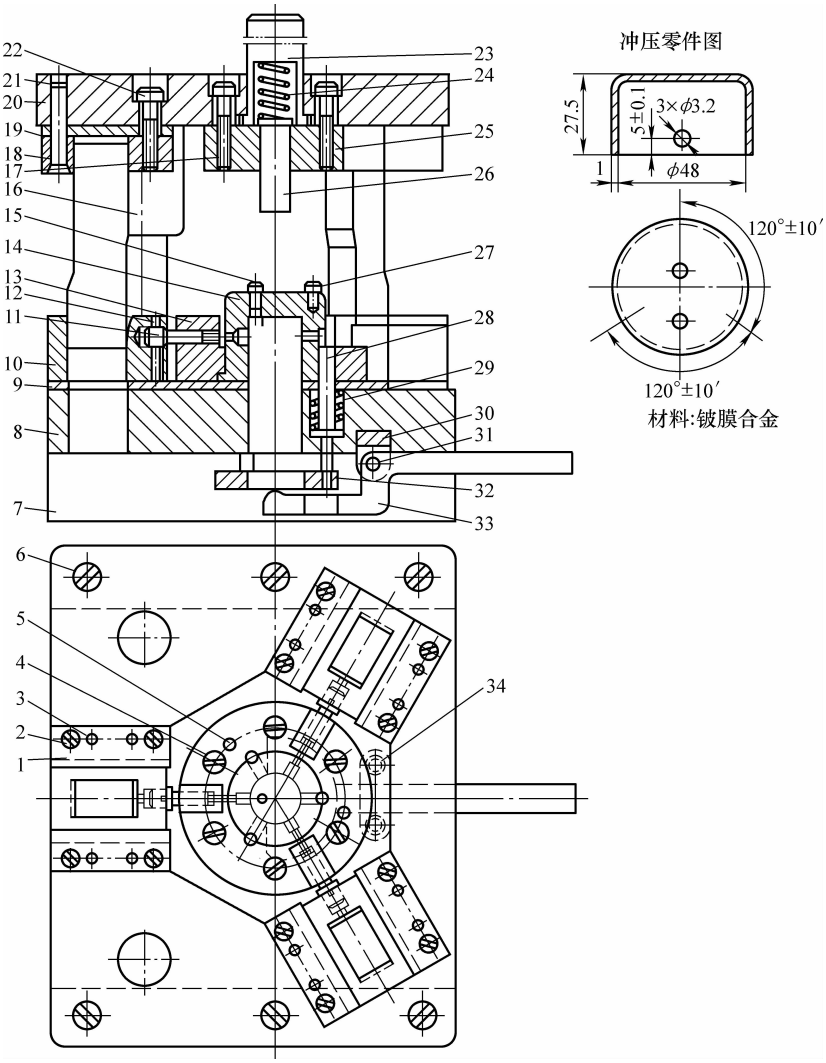


图 9-6　仪表壳楔传动侧壁冲孔模

1—楔滑块导轨　2、4、6、17、22、34—螺钉　3、5、21—销钉　7—下模座　8—支承板　9、19—垫板　10、13—楔滑块　11—冲孔凸模　12—凸模横导向座　14—凹模座　15、27—定位销　16—楔　18、25—固定板　20—上模座　23—模柄　24、29—压簧　26—压紧凸模　28—顶杆　30—支承板　31—轴　32—支承架　33—杠杆

2. 管座多斜楔传动机构冲槽模

图 9-7 所示为管座多斜楔传动机构冲槽模。该冲模与图 9-6 所示冲模大同小异。其 6 个相同结构的楔滑块，与在圆模座上沿外廓圆周均布的、完全相同的 6 个单作用驱动斜楔配对，构成 6 组楔传动机构。6 个相同的冲槽凸模装在 6 个楔滑块端头，在凹模 5 构成 6 个互成 60°的冲槽工位。楔滑块的复位靠嵌装在楔滑块下部的压簧 17 实现。冲槽前将工件套在凹模 5 上，上模压座 12 在上模下行时，首先将工件压紧到位，迫使顶板 20 下移，而后斜楔推动楔滑块 6，使凸模 14 冲槽。当上模回程时，压簧 17 反向推动楔滑块复位，而压簧 21 则推动顶板 20，将冲好槽的工件推出模。推料杆 13 会在上模下行中，将冲槽废料及时从凹模漏料孔中推出。

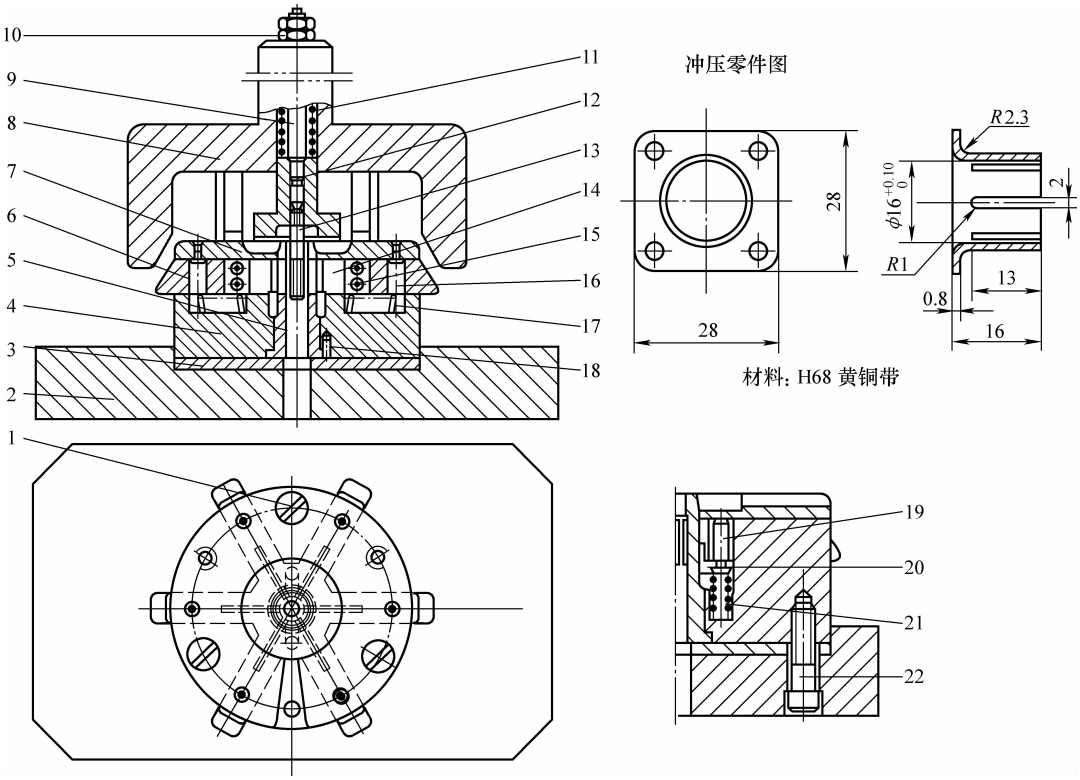


图 9-7　管座多斜楔传动机构冲槽模

1、22—螺钉　2—底座　3—垫板　4—底板　5—凹模　6—楔滑块
7—盖板　8—上模　9—拉杆　10—顶板　11、17、21—压簧　12—上模压座
13—推料杆　14—凸模　15、18—销钉　16、19—限位销　20—顶板

3. 连接套楔传动侧壁冲孔模

图 9-8 所示为连接套楔传动侧壁冲孔模。冲孔时，将工件套在凹模 10 上。斜楔 6 下降后，推动圆环 16 沿逆时针方向旋转。楔滑块 19 在销钉 18 的作用下，驱动凸模 5 进行径向冲孔。凸模连同滑块的复位靠拉力弹簧 15 实现。

4. 整流环楔传动切口模

整流环零件毛坯为 ϕ27mm、壁厚 1.5mm 的纯铜短管，冲出长 11.3mm 的轴对称互呈 90°的 4 个切口（见图 9-9 零件图）。冲模设计采用单作用驱动斜楔和 4 组配套使用的楔滑块，构成四面结构的楔传动机构。用 4 个冲切工位同时由里向外冲切。4 个钩式凸模互成 90°，冲模开启时，置于围绕冲模中心 ϕ12mm 的圆周上。

根据冲压零件图和已知数据，可以求得相关计算结果。在计算时，楔滑块行程 W_S 应考虑楔推动 4 个楔滑块所需活动空间及凸模的工作行程。

由于冲切口凸模装在楔滑块端部，且置于加工件圆环内，如取下模钩头凸模厚度为 6mm，则凸模的冲压工作行程仅为 6mm + 1.5mm = 7.5mm。故截锥头楔的小头直径应为 d = 24mm − 2 × 6mm = 12mm，大头直径 D = 12mm + 2 × 7.5mm = 27mm，楔的截锥部分高度 $H \geqslant 2 \times 7.5\text{mm} = 15\text{mm}$。因为截锥的 $D - d = 15\text{mm} = H$，故该截锥为顶角为 60°的截锥体。

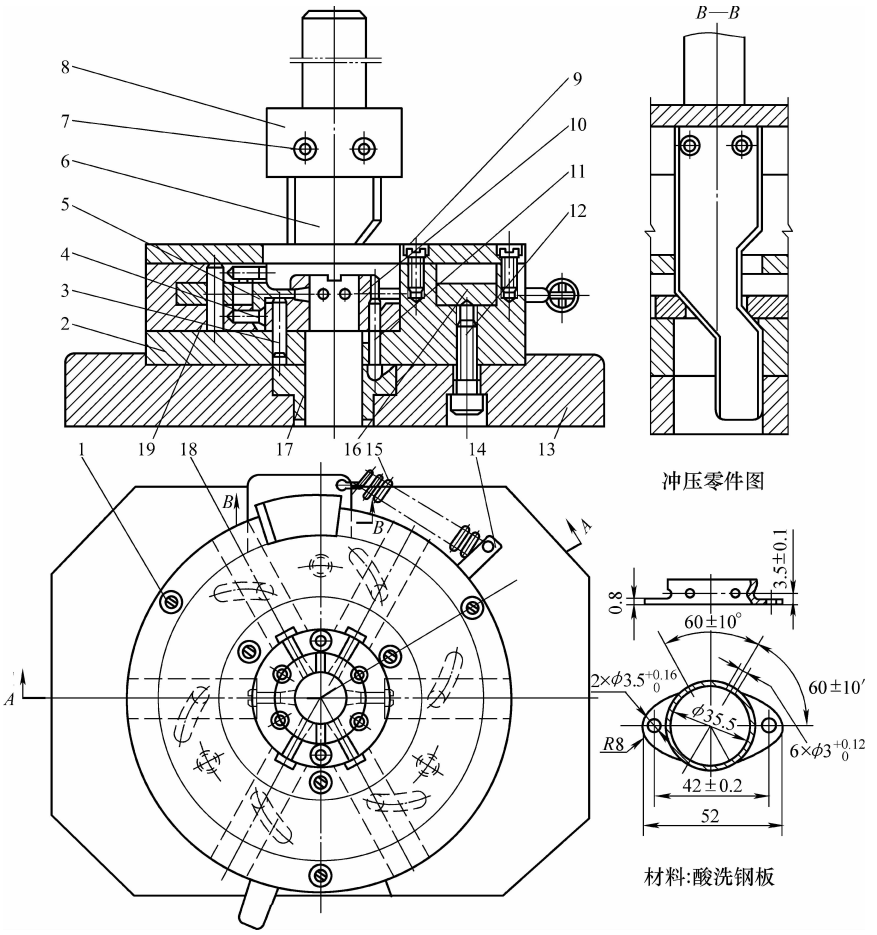


图 9-8　连接套楔传动侧壁冲孔模

1、4、12、14—螺钉　2—支承座　3—定位销　5—凸模　6—斜楔　7、18—销钉　8—模柄
9—盖板　10—凹模　11—顶杆　13—下模座　15—拉力弹簧　16—圆环　17—推座　19—楔滑块

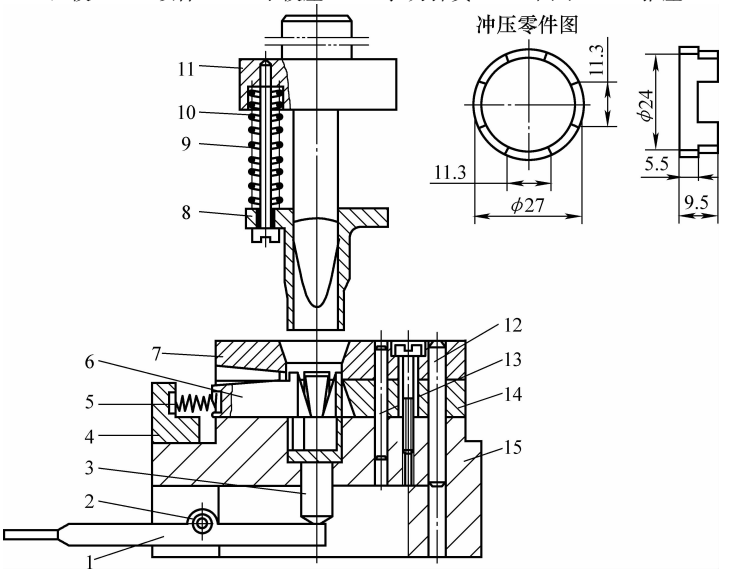


图 9-9　整流环楔传动切口模

1—手柄　2—轴　3—顶座　4、14—楔滑块　5—弹簧　6—凸模　7—定位板
8—弹压套　9—螺钉　10—压簧　11—上座　12、13—销钉　15—下座

9.6　有横向冲压工位的连续式复合模结构设计

在压力机的冲压方向以外的任意方向施力冲压，完成常规冲压方法所无法完成的、形状复杂的冲压零件，通常采用具有横向冲压机构的多工位连续式复合模。虽然其设计与制造难度较大，但它的推广应用，不仅为冲压生产的机械化与自动化奠定了基础，而且能大幅度提高冲压生产率，压缩工艺装备系数，实现半自动或全自动冲压，确保操作安全，并降低劳动强度。以下通过典型零件的冲压，介绍横向冲压零件的工艺分析、冲模的参数计算和结构设计。

9.6.1　斜角座连续式复合模结构设计

图 9-10a 所示斜角座冲压零件（材料为 25 钢冷轧板），其展开平板毛坯外廓较复杂（见图 9-10b），需冲 3 个 ϕ3.5mm 小孔，并要求向两个方向弯曲。若不用具有横向冲压机构的多工位连续式复合模，便不可能用一套冲模冲制完成。由于该零件年总产量 240 万件，月投产批量 20 万件以上，故应设计并使用高效的、一模成形的多工位连续式复合模，才能满足生产要求。

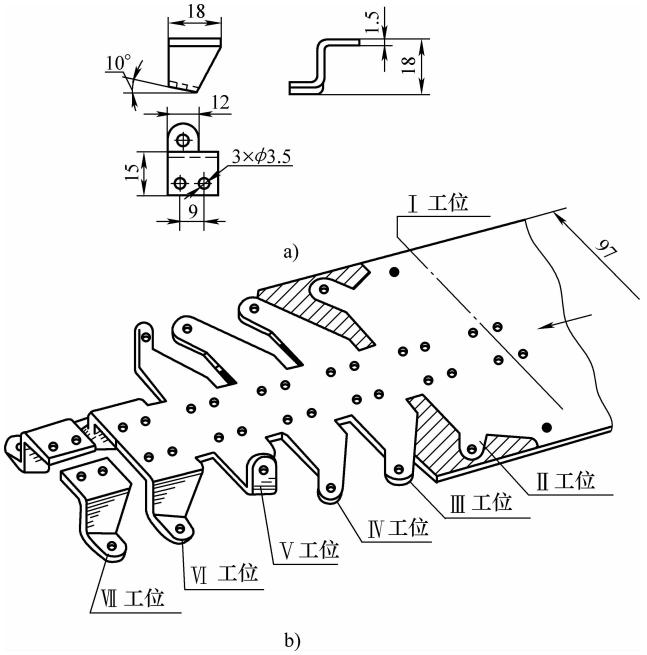


图 9-10　冲压零件图与排样图

a）冲压零件图　b）排样图

下面简单介绍这种冲模结构的设计。

1. 排样及工位设置

根据冲压零件的形状及其展开平毛坯的外廓形状与特点，并考虑生产批量等因素，用裁搭边排样，即搭边与沿边组合冲切排样，不仅制模方便，而且生产率高。在设计排样时，考虑如下几点：

1）先冲孔后落料（冲裁弯曲部位外廓），以便简化冲孔工位和凸、凹模结构。若弯曲

后冲孔，将使冲孔工位结构复杂化，弯曲成形会引起孔形改变或使工件变形，造成冲压零件不合格。一般均应先冲孔，尤其是小孔。

2）弯曲成形切断分离。就该零件而言，不宜采用整体落料出平板毛坯，再进行弯曲。否则，材料送进以及各工位间的毛坯传递，就不能利用送进材料携带，落料后的平板毛坯送进，只能采用另一套专门送进机构解决，整个冲模结构将更加复杂。因此，用裁搭边排样获取毛坯大部分外廓，将工件留在材料上，用送料携带至各工位冲压，最后工位切断分离。

3）工位设置应考虑冲模制造的工艺性。展开平板毛坯成对组合冲裁，不仅 6 个孔位均布对称，冲裁两圆头外廓和弯曲两个圆耳也分别对称。冲模制造简便，冲压时冲模受力均匀，修理与更换冲模易损件也较方便。

4）考虑冲模结构及工作元件安装位置要求，可以适当加一些空挡工位。例如，冲制 6 个 ϕ3.5mm 的孔，其凸模杆部和固定端需要加固，将其直径放大；在送进方向上，除两个相邻毛坯中间在最后切断的搭边加宽外，尚需留出适当空工位。据此，排样设置工位及工步顺序如下：

1）冲 6 个 ϕ3.5mm 小孔，一次行程冲制完成。

2）采用成形侧刃，根据裁搭边法，冲裁出工件两个弯角部位的外廓。两成形侧刃完全相同，制造方便。

3）同时一次弯出端部两个圆耳，考虑弯角沿纵向的 10°倾角，必须由下向上弯曲。

4）弯中部两边 90°角，呈冂形。

5）冲切 T 形口，一次切断分离，冲制完成两件。

2. 结构设计

（1）整体结构　斜角座七工位连续式复合模结构见图 9-11。该模具采用四导柱滑动导向标准模架，用整体式强力弹压卸料板，进料端口部设对称的导料板，构成导料槽；冲裁凹模及各工位下模，均按工位用镶块拼合后，装在凹模框中或组合紧固在下模座上。为了在Ⅴ工位由下向上弯出圆耳，设计了图 9-11 中 *B*—*B* 剖视图所示的单作用驱动斜楔传动结构。用单作用驱动斜楔 19 向下推动楔滑块 15 横向水平移动，再由楔滑块 15 推动弯曲凹模 14 向上弯曲圆耳。由压力机垂直向下的冲压力变为水平横向动作后，再改变成由下向上的冲弯动作。如果不采用斜楔传动机构，要两次改变冲压力的方向，并按实际需要传递足够的冲弯力，弯出斜置圆耳非常困难。

成形侧刃 5 是单面冲裁，为平衡向外的侧向压力，并确保其稳定，特意在冲裁凹模外侧及相应卸料板外侧，设置弹压卸料板 30 和限位挡块 31，见图 9-11 *H*—*H* 剖视图。Ⅵ工位弯冂形的系统结构，见图 9-11 *F*—*F* 剖视图。切断分离成两个工件后，由拨杆卸件器卸除工件，并推出冲模，其系统结构见图 9-11*E*—*E* 剖视图。至于单作用驱动斜楔件 19，与其配套的楔滑块 15 中，压簧与限控销的连接则示于图 9-11 *I* – *I* 剖视图中。

（2）设计计算

1）冲孔凸模强度校核。Ⅰ工位 6 个 ϕ3.5mm 小孔的冲孔凸模，是在厚 1.5mm 的 25 钢冷轧钢板上冲制的，应对其抗压强度和抗纵弯能力进行校核。

6 个小孔凸模断面小而冲孔力较大，故必须按式（9-13）对其抗压强度进行验算，并选取最佳制造材料。

$$d_{\min} \geqslant \frac{4t\tau_{\mathrm{b}}}{[\sigma]} \tag{9-13}$$

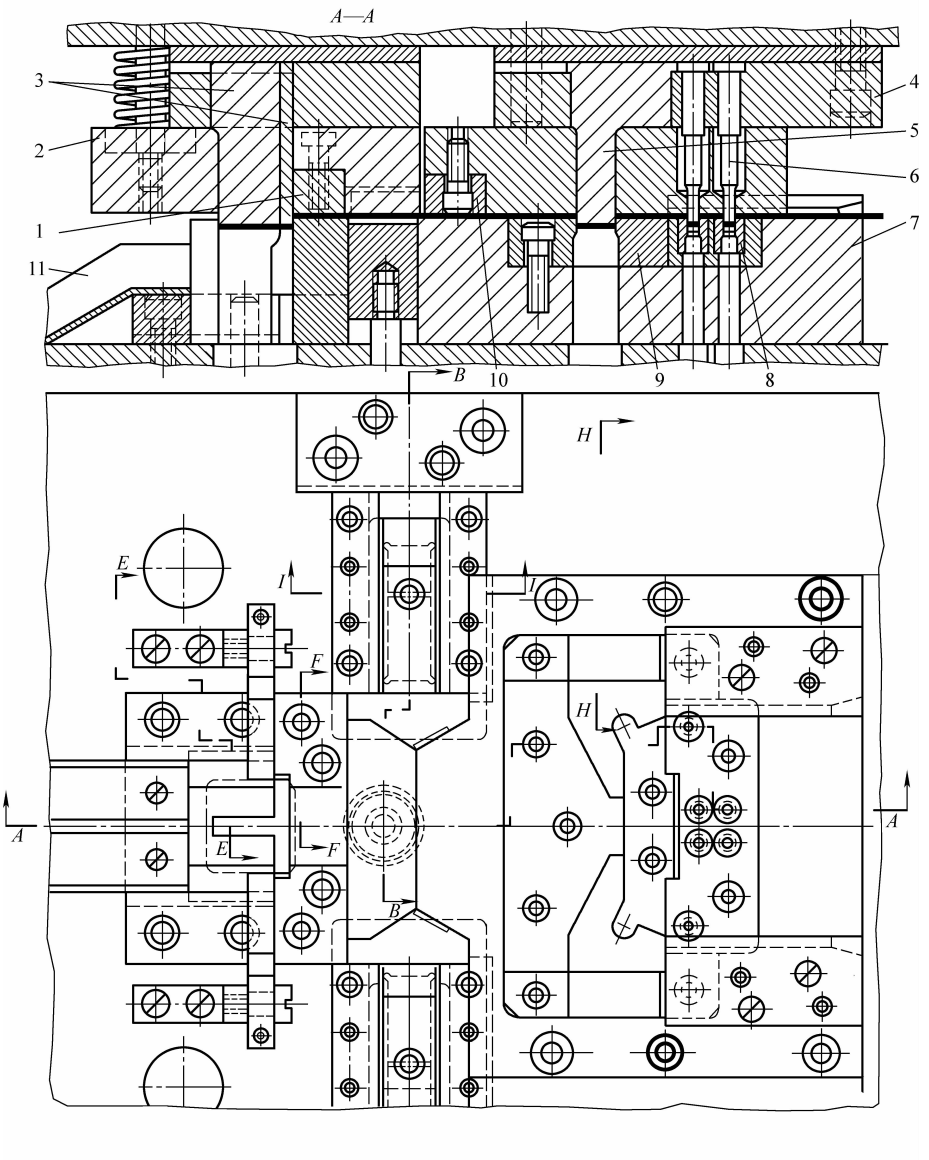
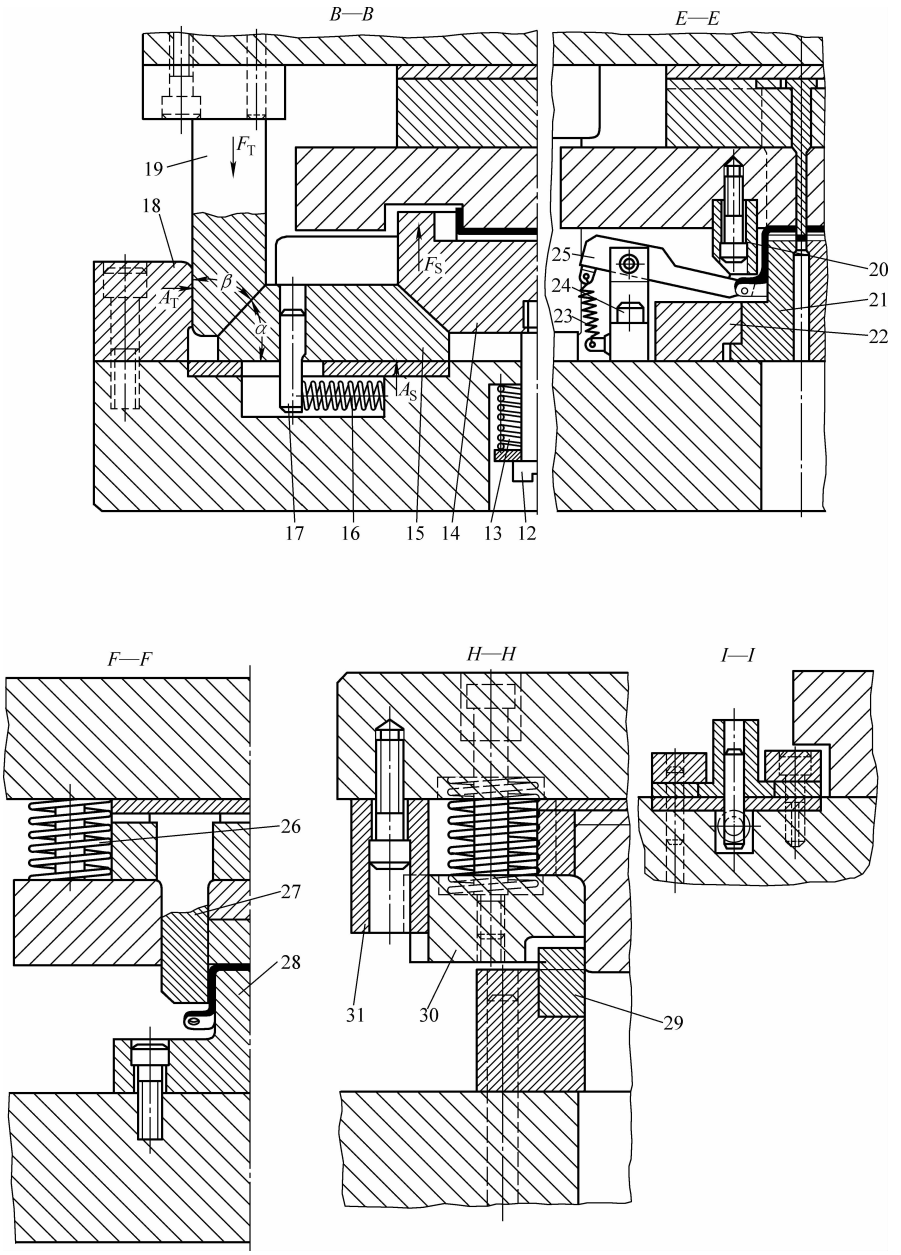


图 9-11　斜角座七工位

1—Ⅶ工位切断分离凸模镶块　2—弹压卸料板　3—切断分离凸模　4—冲裁凸模固定板
10—镶块　11—出件滑槽　12—卸料螺栓　13、16、26—压力弹簧　14—弯曲凹模
21—切断分离凹模　22—固定板　23—拉力弹簧　24—固定柱　25—拨杆



连续式复合模结构

5—成形侧刃　6—冲孔凸模　7—凹模框　8—冲孔凹模镶块　9—冲裁凹模镶块

15—楔滑块　17—限控销　18—斜楔挡块　19—单作用驱动斜楔　20—拨杆卸件器压块

27—弯⌐形上模　28—弯⌐形下模　29—限位挡块　30—弹压卸料板　31—限位挡块

式中，d_{min}为许用凸模最小直径（mm）；t 为冲孔件料厚（mm）；τ_b 为冲孔件材料抗剪强度（MPa）；［σ］为凸模材料的许用压应力（MPa）。

从有关手册中查得 $\tau_b = 485\text{MPa}$。选用冲模相关标准中的圆凸模，其材料为 Cr12MoV，热处理硬度为 60～62HRC，则［σ］值查有关手册为 2000MPa。

将以上数值代入式（9-13）得：

$$d_{min} \geqslant \frac{4t\tau_b}{[\sigma]} = \frac{4 \times 1.5 \times 485}{2000}\text{mm} = 1.455\text{mm}$$

故 $d_{min} = 3.5\text{mm} > 1.455\text{mm}$，设计可行、合理。

该模具采用四导柱滑动导向模架，且冲孔凸模用卸料板在其工作端导向，还起到横向支承凸模的作用。该冲孔凸模设计成台阶式结构，固定端设凸缘压入固定板固定。其全长为 64mm。其中，冲孔工作段为 ϕ3.5mm × 14mm，中间杆部为 ϕ7mm × 20mm，固定段为 ϕ14mm × 30mm。该凸模固定板厚度为 25mm，则凸模在固定板以外的总长度，减去该凸模插入卸料板导向部分长度 10mm 的 1/2，可得该冲孔凸模的实际承载的最大自由长度，即 $L_{max} = 64\text{mm} - 24\text{mm} - 5\text{mm} = 34\text{mm}$。

当用直杆式凸模时，许用最大自由长度为

$$L_{max} \leqslant 270 \times \frac{d^2}{\sqrt{F}} \tag{9-14}$$

式中，F 为冲裁力（N）。

将已知数据代入式（9-14）得

$$L_{max} \leqslant 270 \times \frac{3.5^2}{\sqrt{3.14 \times 3.5 \times 1.5 \times 485}}\text{mm} = 36.966\text{mm} \approx 37\text{mm}$$

当采用台阶式凸模时，许用最大自由长度为

$$L_{max} \leqslant C\sqrt{\frac{Ed_0^3}{t\tau_b}} \tag{9-15}$$

式中，C 为系数，按台阶式凸模直径加粗部分长度与 L_{max}之比值，以及加粗直径 d_0 与冲孔直径 d 之比值，查有关手册可得，此例中，$C = 0.12$；E 为凸模材料的弹性模量（MPa）。

代入系数 C，即可求出：$L_{max} = 38.64\text{mm}$。

用式（9-14）及式（9-15）校核的结果，都大于凸模实际的自由长度 34mm，故设计可行、合理。

2）斜楔主要尺寸及参数的计算。图 9-11 *B*—*B* 剖视图中斜楔的主要设计参数为：楔滑块的导向平面与水平面的夹角 $\theta = 0°$，通常情况下，可用图 9-5 图算出 β 最小值为 35°，标准值为 40°，最大值为 45°。当 $F_{AT} = F_{AS}$时，建议取 $\beta = 40°$；对于大型冲模，每分钟冲次大于 20 次，优先选取 $\beta = 35°$；当需要使斜楔支承面上保持较小的支承力 F_{AT}时，取 $\beta = 45°$有利。图 9-11 *B*—*B* 剖视图中取 $\beta = 40°$，则其对应的 $\alpha = 90° - \beta = 50°$。当 $\theta \neq 0°$时，即楔滑块导向平面与水平面有 $+\theta$ 或 $-\theta$ 夹角为倾斜面时，则 $\alpha = 90° - \beta \pm \theta$。

楔滑块 15 作为压力传递的中间滑块，设计成等腰梯形结构。腰与下底夹角均为 α = 50°。这样可使楔滑块 15 推动弯曲凹模 14 向上的高度也等于 W_T。根据弯圆耳变形的需要和结构系统的连接尺寸计算结果，设计确定 $W_S = 20\text{mm}$。已知 $\beta = 40°$、$\theta = 0°$、摩擦角 $e = 5°$，则可按式（9-3）～式（9-6），求得 F_T、W_T、F_{AS}、F_{AT}等主要参数值。

将上述各已知数代入式（9-4）得：$W_T = 23.83\text{mm}$。

按弯圆耳形状及尺寸，经常规简单计算，便可求得楔滑块的横向冲压力，即弯曲凹模 14 向上的弯曲力，含复位压力弹簧 13、16 的复位压力以及摩擦力，合计为 25kN。将上述各已知数代入式（9-3）得：$F_T = 29.8\text{kN}$

再将上述各已知数代入式（9-5）、式（9-6），即得 F_{AS}、F_{AT} 值：$F_{AS} = 27.5\text{kN}$，$F_{AT} = 27.5\text{kN}$。

9.6.2　芯壳全自动多工位连续式复合模结构设计

图 9-12 所示的芯壳冲压零件产量大、尺寸小而形状复杂。采用多套冲模分工序冲制，除了生产率低、废品率高、冲压零件互换性差外，送料和卸件时用手工操作不好夹持，也无法满足大量生产的要求；而且冲压精度，特别是几何精度，如 ϕ6.1mm、ϕ5.2mm 与 ϕ9.1mm 的同轴度无法保证，总高度 5mm 的误差也难控制。如果采用传统的分序多模冲制，则至少需三套冲模，占用三台压力机生产，制模费用大，生产率低，制造成本高。经多方案对比分析，决定采用图 9-13 所示的排样图和图 9-14 所示的楔传动五工位自动冲模来生产。

1. 排样及工位设置

按照冲压零件图并经常规计算，该零件的展开平毛坯为 ϕ13.4mm 圆片。排样采用有搭边单列直排的方式，取搭边宽 = 沿边宽 = 1.5mm，则送料进距 $S = (13.4 + 1.5)\text{mm} = 14.9\text{mm}$，使用带料宽 $= (13.4 + 2 \times 1.5)\text{mm} = 17.9\text{mm}$。根据冲压零件形状和必需的基本冲压工序，应设置如下工位（见图 9-13）：

1）压窝 ϕ6mm × 1.5mm，底部圆角稍大，待整形。

2）落料反拉深 ϕ9.5mm × 5.2mm 直筒，冲 ϕ3.5mm 孔，底部圆角稍大。

3）缩口成形 ϕ9mm × 5mm，口小底大，底部圆角减小。

4）整形达到冲压零件图要求的形状及尺寸。

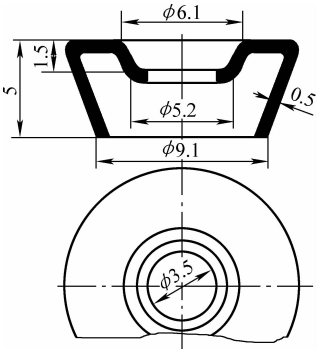


图 9-12　芯壳冲压零件图

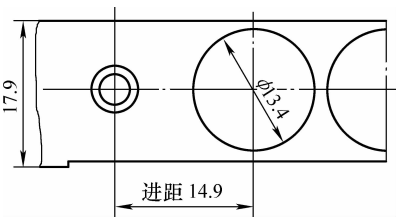


图 9-13　芯壳零件展开毛坯排样图

由于缩口、整形工步必须在冲孔、拉深等工步后进行，故对缩口、整形两工位，必须考虑用专门送料装置将单个工件送到工位上。因为拉深成形的工件，已从带料上分离出来成为单个半成品工件，无法继续用送进材料携带到缩口与整形两工位上去。该冲模采用双作用楔—滑板传动机构，来解决上述两工位的送料问题，故其工位布置构成 L 形。其冲压加工流程是：送进带料经侧刃切边定距后，进入第Ⅰ工位压窝；第Ⅱ工位空挡；第Ⅲ工位进行冲孔—落料—反向拉深复合冲压；第Ⅳ工位是由双作用楔滑块 2，驱动送料滑板，将工件从Ⅲ工位沿送料方向转 90°角，推至缩口凹模腔口；此后，这套楔送料系统将工件送至第Ⅴ工位整形，推卸出模。

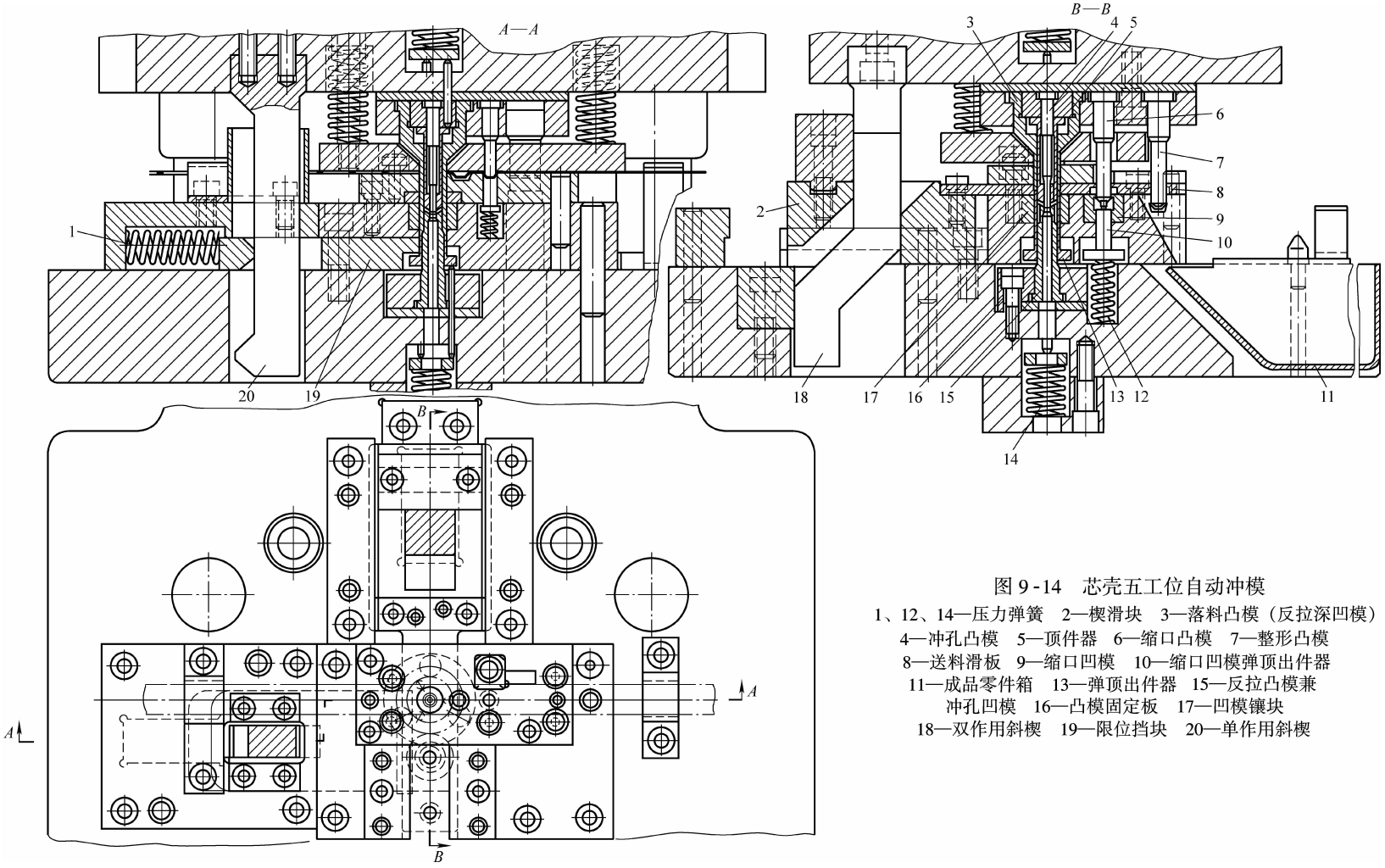


图 9-14　芯壳五工位自动冲模

1、12、14—压力弹簧　2—楔滑块　3—落料凸模（反拉深凹模）
4—冲孔凸模　5—顶件器　6—缩口凸模　7—整形凸模
8—送料滑板　9—缩口凹模　10—缩口凹模弹顶出件器
11—成品零件箱　13—弹顶出件器　15—反拉凸模兼
冲孔凹模　16—凸模固定板　17—凹模镶块
18—双作用斜楔　19—限位挡块　20—单作用斜楔

上述排样与工位布置虽比较紧凑，但工位间的自动传递送料系统、卸件系统的设计难度大，该模具能否实现一模成形的自动冲压，关键也在于此。

2. 自动冲压过程

成卷带料由开卷机自动开卷后，进入通用辊式送料装置（图 9-14 中未示出，也可用手工作业），再将带料送入模具右侧进料口至侧刃挡块被阻，压力机滑块下行，由上模上的平式侧刃切去料边，精化料宽，并控制送料进距 14. 9mm。待上模回程上升开启模具后，继续送进带料至第Ⅰ工位压窝；第三次送进到Ⅱ工位走空；第四次送料到第Ⅲ工位进行落料、反向拉深、冲孔复合冲压，工件从带料上分离出来。此后，带料仍按上述工序不停地送进冲压。在Ⅲ工位，经复合冲压完成的单个工件，因有上模弹压推卸系统顶件器 5 的作用，使工件留在下模腔中。

图 9-14 所示为该模具的闭合状态。当模具开启，使上模上升到一定位置时，落料凸模（反拉深凹模）3 离开有定位孔的送料滑板 8，双作用斜楔 18 即利用自身斜面，驱动与其配对使用的楔滑块 2，拉动送料滑块 8 向图示左边移动一个楔滑动行程 30. 5mm，使送料滑板 8 上的中间缩口工位定位型孔盖在Ⅲ工位凹模上，Ⅴ工位定位型孔盖在Ⅳ工位凹模上。上模继续上升，单作用斜楔 20 利用自身斜面推压限位挡块 19 使其向左打开，弹顶出件器 13 将工件顶出凹模，并使其进入送料滑板 8 的Ⅳ工位定位型孔中；缩口凹模弹顶出件器 10 也在同时将工件顶入送料滑板 8 的Ⅴ工位定位型孔中；在Ⅴ工位，由整形凸模端整形完成的工件则早在上述动作之前（上模上升初始阶段），即通过送料滑板 8 型孔卸下，而落入成品零件箱 11 中。待落料凸模 3、缩口凸模 6 和整形凸模离开送料滑板 8，楔滑块 2 才会拉动送料滑板 8。

上模下行时，开始阶段由双作用斜楔 18 驱动楔滑块 2，推动送料滑板 8 到图 9-14 所示位置，而后各工位凸模才开始冲压。Ⅲ工位反拉深到闭模位置前，单作用斜楔 20 又利用斜面使限位挡块回到图 9-14 所示位置限位，使工件留在下模腔中。

3. 结构设计

（1）送料及卸件动作　每次冲压行程送进 14. 9mm，即一个进距，而且是在模具开启后才进行送料。自动送料节拍与其使用压力机的转速，即滑块每分钟行程次数相当。手工送料节拍约比自动送料差 65% ~70%，即压力机滑块每分钟的行程次数利用率仅 30% 左右。

该模具的送料动作分以下两部分：

1）用送进材料携带部分。从第Ⅰ工位至第Ⅲ工位只需按压力机转速，以适当节拍和进距，与压力机滑块行程配合协调送入材料即可。

2）用专门送料机构送料部分。从第Ⅳ工位至第Ⅴ工位，主要靠一组双作用斜楔 18 和与其配对使用的楔滑块 2，组成楔—滑板传动机构，驱动具有Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ三个工位定位型孔的送料滑板 8，来完成各工位对单个毛坯半成品的送料动作。送料速度与节拍均与用送进材料携带工件的部分完全一致。送进距离等于楔滑块 2 的行程，即 30. 5mm。故第Ⅲ工位至第Ⅴ工位，各工位间距要准确地等于楔滑块 2 的行程。

该模具的Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ工位都需要设置顶出与卸件机构，以便使成形工件能顺利出模。

第Ⅲ工位完成冲孔—落料—反拉深后，工件从带料上分离下来留在模腔中。该工位模腔上部的落料凸模内装有顶件器 5，通过顶杆和推板与强力压力弹簧（装在上模座内）相连。当上模下行冲压时，弹簧受压缩短；当上模回程上升时，便释放出推力，将工件推卸到下模

腔中。该模腔的下模下部装有弹顶出件器 13，通过顶杆与装在下模座下部中间位置的弹顶元件压力弹簧 14 连接。当下行的凸模冲压时，弹顶出件器 13 受压，压力弹簧 14 缩短，当上模回程上升到一定高度，脱离下模上的送料滑板 8 后，限位挡块 19 受单作用斜楔 20 的斜面推动，而退出弹顶出件器 13 的限位凸缘。此时，工件才会从下模腔中被顶出模，进入送料滑板 8 规定的定位型孔中。

第Ⅳ工位利用下模型腔的锥孔斜面使工件进行缩口成形后，将工件卡在下模腔中。当上模开启回程离开下模后，缩口凹模弹顶出件器 10 利用其下部的压力弹簧 12 在成形工件时受压吸收的能量，随上模回程而释放出来，并通过缩口凹模弹顶出件器 10，将工件顶出下模腔。顶出时间也是用限位挡块 19 控制，与第Ⅲ工位同步。

第Ⅴ工位卸下工件，靠送料滑板 8 上的台阶形卸件型孔，利用凸模回程时反向推卸工件，从凸模上卸下；而后靠下模座上的斜坡，使出模工件滚落入成品零件箱 11 中。

（2）传动机构　该模具的唯一动力是压力机滑块的冲压力。模具要在冲压行程中，同时完成五个工位的送料、冲压顶件出模、卸件等动作，而且要严格按预定程序限时完成。其中，送料动作是垂直于冲压方向的，故该模具选用斜楔滑块进行送料。用双作用斜楔 18 及与其配对使用的楔滑块 2 推、拉送料滑板 8，完成从工位Ⅲ至工位Ⅴ的送料任务。靠双作用斜楔 18 的两个斜面，不仅能推动楔滑块 2 向前，也可将楔滑块 2 原路拉回，强制其复位。

本模具设计要求楔滑块 2 的行程（含空行程）W_S 为 30.5mm。与楔滑块 2 配对使用的双作用斜楔 18 的行程 W_T 可按式（9-4）计算。根据已知楔角 $\beta = 40°$，楔滑块水平安装 $\theta = 0°$，故经计算，$W_T = 36.3\text{mm}$。

根据上述已知参数，结合冲模结构的需要，便可确定楔及楔滑块的结构尺寸。

（3）整体结构　该模具采用滑动导向后侧导柱模架、多层模板重叠结构。带料携带工件进入Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ工位沿材料送进方向直线布置，构成模具使用弹压卸料板的模具主体部分，并置于模具的上层。Ⅲ工位后各工位转 90°，垂直于送料方向沿直线布置，构成模具使用由双作用斜楔推动的移动式刚性卸料板部分，并置于Ⅲ工位落料凹模板下。而后转 90°布置Ⅳ、Ⅴ两工位呈一直线，其工位中心距为 $2 \times 14.9\text{mm} = 29.8\text{mm}$。下模面呈台阶形。因为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ工位的落料凹模都在下模最上面一层的模板上，Ⅰ工位凸模最短；Ⅲ工位的冲孔与反拉深凸凹模装在落料凹模下边一层的模板上，故Ⅲ工位是一个双层复合凹模。Ⅳ、Ⅴ工位凹模与Ⅲ工位下层反拉深、冲孔复合凹模在同一块模板上，故Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ工位凸模比Ⅰ工位凸模长出其模板厚度加上送料滑板 8 的厚度。

该模具所有凸模及侧刃均采用带凸缘的固定方式，并加淬硬垫板，通过螺钉、销钉紧固于上模座上。斜楔用螺钉吊装紧固在上模座内。下模座因内嵌弹性元件而适当加厚。

9.6.3　变截面支架多工位连续式复合模结构设计

机电与家电产品的轻型多用薄板冲压结构零件，取代铸、锻、焊、铆及切削加工件，利用了金属板料冲压后冷作硬化而提高其承载能力和刚度的特性，从而使零件尺寸更精、更小，质量更轻，能有效地减轻产品的质量及能耗，因而使产品更耐用，耗材更少，成本更低。图 9-15 所示零件原本为铸造或锻造毛坯经切削加工而成的变截面支架，后经精化尺寸、缩小变截面厚度差，充分发挥冲压加工优势，改为薄板冲压加工，使零件质量减轻了 45%，结构刚度及稳定性得到提高，生产率提高了近 20 倍，成本大幅度下降。

1. 冲压工艺性分析

从图 9-15 可以看出，该冲压零件采用料厚为 1.5mm 的 10 钢冷轧钢板，用两层叠压的方法增加支架臂部厚度，改变部分截面尺寸。欲将板料两层叠压增厚，必先折弯，见图 9-16 第Ⅲ、Ⅴ工位。因此，实际上该零件是一个多向多角弯曲件。如欲一模成形，叠压前必先进行两次横向施力弯曲，最后在叠压的二层部位冲两个 ϕ4mm 的孔，相当于在料厚不小于 3mm 板料上冲孔。因材料硬度大幅度提高，冲小孔凸模要承受更大的应力，故凸模应设计加固与导向结构。

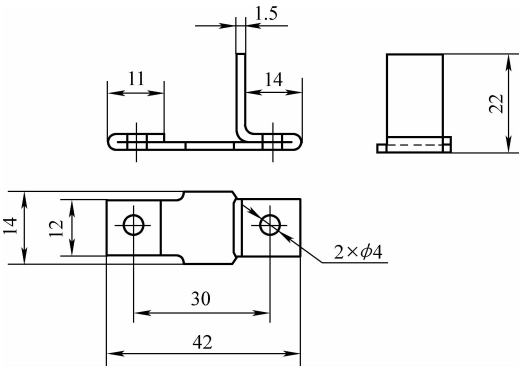


图 9-15　变截面支架冲压零件图

2. 排样图设计

如图 9-16 所示，该冲压零件的展开平毛坯为宽 × 长 = 12mm × 86mm 的矩形长带条，其中部突出部分约长 15.5mm、宽 14mm，而宽 12mm 与 14mm 的过渡用圆弧连接。该冲压零件需两层叠压增大厚度，改变截面的部位均在冲压零件两个端部。冲压时，需从两端折弯后叠压，故宜采用单列横置有搭边直排排样。考虑到在最后工位冲孔并切开分离，为确保冲压零件尺寸与几何精度，宜实施切搭边分离；为增加切搭边凸模强度，宜将连接两冲压零件的搭边切口适当加宽至 3mm。这样，排样图中第Ⅰ工位的切口宽增大到 5mm，使凸模断面尺寸明显加大，切口与最后切开凸模强度大幅度提高。

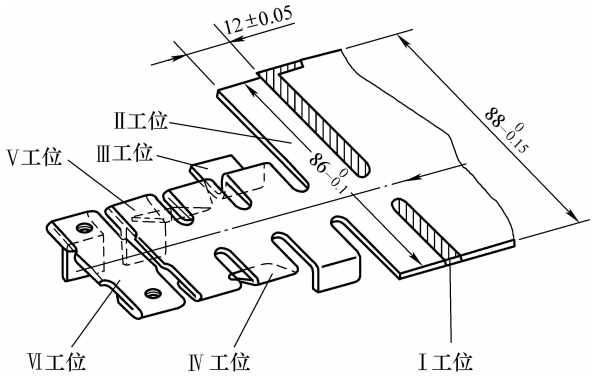


图 9-16　排样图

为控制平毛坯长度 $L=86_{-0.1}^{0}$mm，以确保冲压零件外廓尺寸不超差，采用 L 形成形侧刃切除板裁条料或带料。各工位在同一平面沿送料方向直线排列，均靠原材料入模送进实现送料。第Ⅱ工位后各工位靠送料携带工件入模进行冲压。

3. 模具结构

如图 9-17 所示，该冲模采用四角导柱模架、加厚上下模座及加厚弹压卸料板导向结构。模芯各工位采用拼合结构。除第Ⅰ、Ⅱ工位靠导料板导正送进材料外，其余各工位的导向与定位是靠送进条（带）料，在第Ⅰ工位的成形侧刃冲切料边与导料板控制。

第Ⅰ工位的模具结构细部从图 9-17 *K*—*K* 剖视图中可以看出。原材料宽为 88mm，经 L

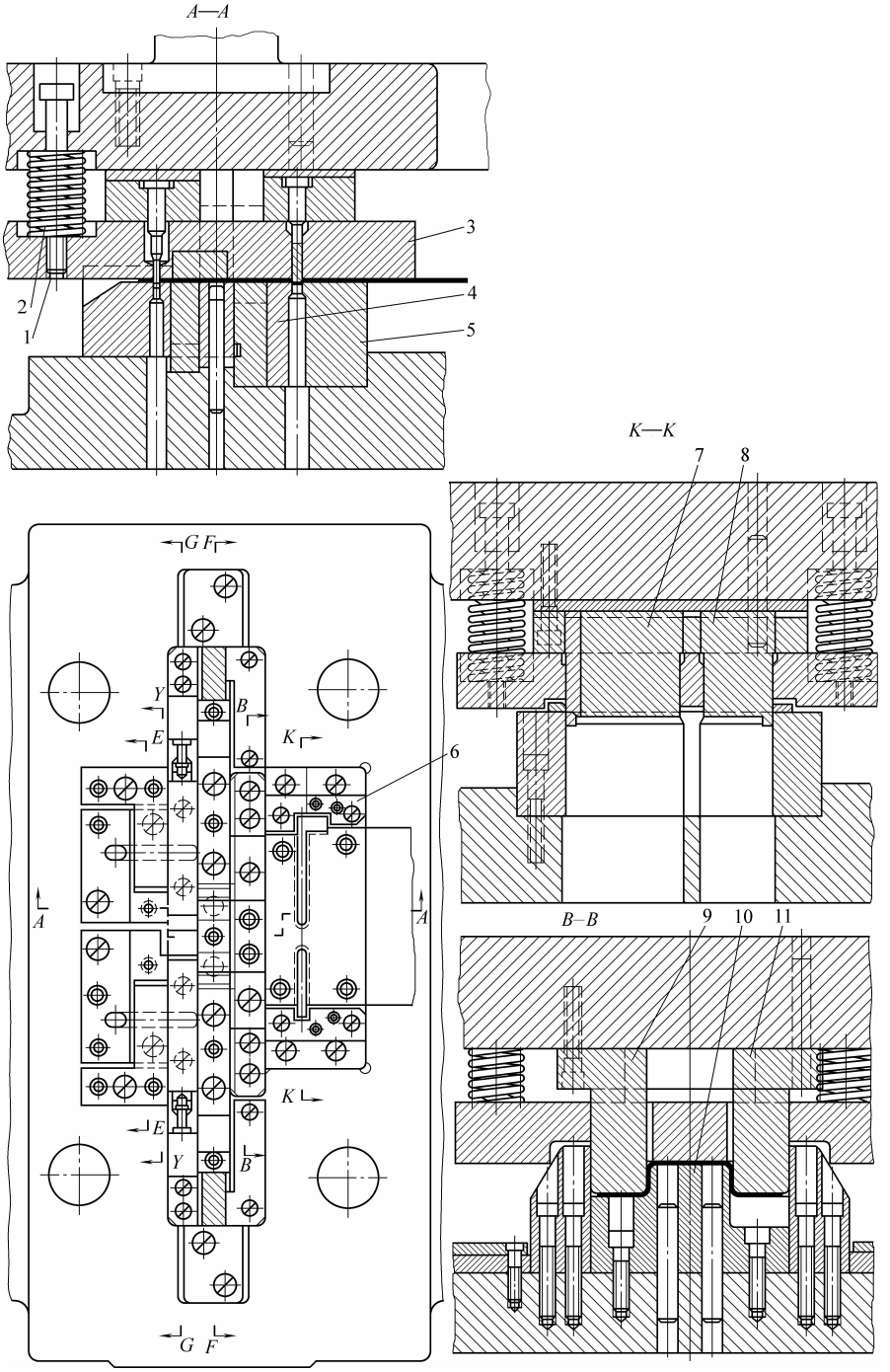


图 9-17　变截面支架一模成形七工位连续复合模

1—卸料螺钉　2—弹簧　3—加厚卸料板　4—冲裁凹模接块　5—冲裁凹模　6—导料板　7—成形侧刃凸模
8—切口凸模　9—弯曲上模拼块　10—弯曲凸模　11—弯曲上模拼块

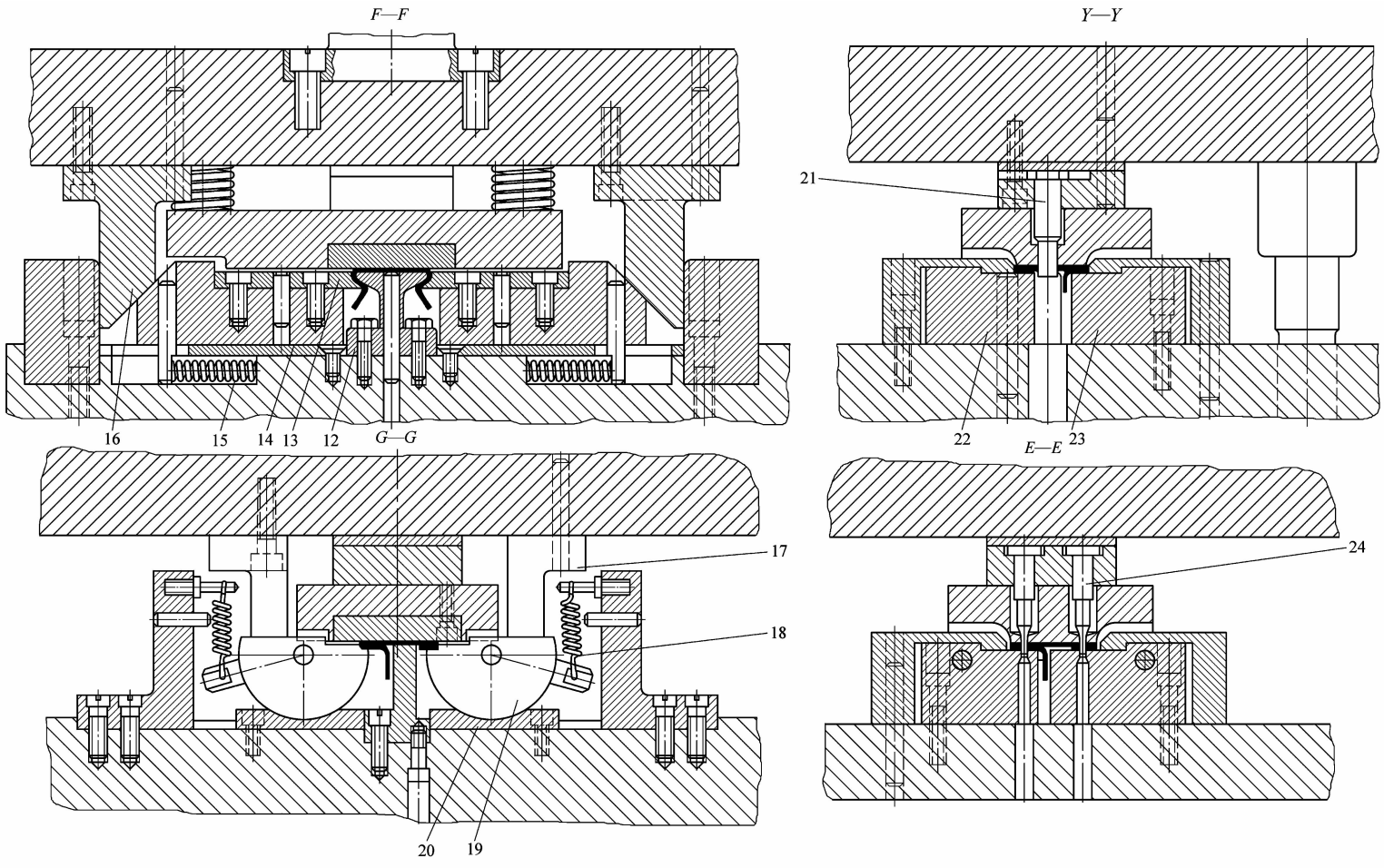


图 9-17　变截面支架一模成形七工位连续复合模(续)

12—弯曲模凸模芯　13—弯曲凹模　14—楔滑块体　15—压力弹簧　16—斜楔　17—挡块
18—拉力弹簧　19—辊轮　20—支座　21—切开凸模　22、23—切开凹模拼块　24—冲孔凸模

形成形侧刃与切口凸模冲切后，便可获得尺寸精确的毛坯，其料长 $L=86^{-0.1}_{0}$mm，料宽 $B=(12\pm0.05)$ mm。进入第Ⅱ工位，凸模在其固定板上有较宽松的安装位置。第Ⅲ工位是沿冲压方向弯90°角，模具结构细部如图9-17 *B*—*B* 剖视图所示。使用强力弹压卸料板和分体式弯曲上模弯曲板料成三个90°直角，还会推卸工件落在下模表面，并用送料携带法进入第Ⅳ工位。图9-17 中 *F*—*F* 剖视图给出了这个工位模具结构的细部，可以看出，在第Ⅲ工位弯曲成三个相连90°弯角的工件。在第Ⅳ工位，由一对在水平方向相向动作的单作用驱动斜楔推动弯曲凹模，使工件由外向里面对面冲弯成形，预弯成叠压前的形状，如图9-16第Ⅳ工位所示。工件的两层叠压在图9-17*G*—*G* 剖视图所示的Ⅴ工位进行。一对相向旋动的辊轮凹模在平凸模下行冲压时，可将弯折的工件双层叠压起来。最后一个工位冲切分离，并冲出两个 ϕ4mm 的孔，见图9-16Ⅵ工位。切开分离凸模（见图9-17*Y*—*Y* 剖视图）及冲两个小孔的凹模（见图9-17*E*—*E* 剖视图），均采用了卸料板导向结构，让卸料板对上述凸模的加粗杆部进行导向，并对凸模有横向支承作用，提高了小凸模的抗纵弯能力。

4. 斜楔及楔滑块主要尺寸确定

斜楔行程含有初始行程、空行程和工作行程的 W_T 值，可按式（9-4）计算。将上述已知数据代入式（9-4）得：$W_T=23.8$mm。

斜楔的长度，如果也同模具中的主凸模一样，固定在同一上模座下表面上，则其长度 $L_{楔}$ 应为

$$L_{楔}=L_{凸}+W_T+(5\sim10)\text{mm}$$

因为模具中主凸模长度 $L_{凸}$ 为设计确定，W_T 可按式（9-4）计算求得，故 $L_{楔}$ 可方便算出。虽设计时，应依模具结构设计需要适当调整，但一般波动不大。

楔的断面尺寸可按式（9-10）、式（9-11）计算。

楔滑块尺寸是按弯曲件尺寸、弯曲工位及其弯曲行程，以及与楔配对要求确定的。楔滑块高度应与模具中相应工位匹配。

9.6.4 吊架全自动楔传动连续式复合模结构设计

年产量多达500余万件的吊架零件，采用配备通用自动送料装置、多组楔传动的全自动连续式复合模，用成卷带料连续冲压。该冲模采用三组两种类型的楔传动机构，完成成形工位送料与卸件，以及弯曲成形工作。以下就其结构设计及运作原理与过程予以介绍。

图9-18 所示为吊架全自动楔传动连续式复合模。该模具为实施水平送料和成形冲压动作的冲孔、落料、弯曲及压圆三工位连续式复合模。图9-18 右下角所示为该冲模加工的零件。该零件是用1mm 厚的镀锌钢板冲制的。

1. 整体结构

该模具采用刚性好、导向精度高的四角导柱模架、凸缘模柄、三组两种楔传动机构。两组为单作用驱动楔13，靠压力弹簧使楔滑块16进行弹性复位，分设在压圆模芯12两侧，用以完成工件最后压圆成形的、水平横向相对的冲压动作；另一组为强制性滑块复位的双作用驱动楔8，用以驱动滑块带动的推料板6，推送弯曲坯件到压圆工位。除此之外，在弯曲和压圆工位上，设有压圆凸模14。由于该模具采用无搭边少废料冲压，且送料宽即工件宽17mm，冲孔凹模5出料一侧的边缘，即为落料（实际是切断）凹模刃口，故在送料方向的

尽头，设置挡料块 2，并使其比切断凹模刃口高出 3 ~ 5 倍的工件料厚（实际高出约 5mm）。除挡料作用外，还能支承落料凸模与弯曲凹模（凸凹模）3，以消除由于单边切断造成的偏载，给凸模的稳定平衡带来的危害。冲孔与切断凹模组合于一体，并采用整体结构，使用固定卸料板。首次送进靠裸露的切断凹模刃口定位。由于冲制工件尺寸小，故冲压力不大，实际使用的是 400kN 压力机。

2. 动作原理及过程

该模具要实现全自动连续冲压，必须配备除钩式以外的辊式或夹持式自动送料装置，采用成卷带料，才能获得高效率、高产量。送进材料从模具入料口进入模具。首次进距必须送到冲孔凹模 5 边缘，即切断凹模刃口处，进行冲长方孔的第一工位作业。待上模回程上升后送入第二进距，挡料块 2 能准确控制以后的各次送料进距长度。上模下行进行以后各次冲孔、切断—弯曲及压圆工序。第二次送进后，第一进距于第一工位已冲孔的材料，在后续送进冲孔的同时，被落料凸模与弯曲凹模（凸凹模）3 切断，并弯曲成 U 形，口向下扣在弯曲凸模 1 上。待上模回程向上时，双作用驱动楔 8 即利用本身的斜面驱动滑块 7，使滑块 7 上的推料板 6 向前推送弯曲好的 U 形坯件到达压圆模芯 12 上，以备上模下行压圆成形。当上模下行时，双作用驱动楔 8 又会利用本身另一侧斜面驱动滑块，强制其复位，将滑块上的推板从第三工位上拉出至原位，见图 9-18 *E*—*E* 剖视图。上模下行进行冲压时，安装在第三工位压圆模芯 12 两边的单作用驱动楔 13（两边两组完全相同，图 9-18 中只绘出一边，见 *B*—*B* 剖视图）是两组单作用驱动楔。该单作用驱动楔利用本身斜面驱动楔滑块 16 两个相同的滑块相对冲压，对 U 形弯曲坯件压圆成形。为确保工件弯曲、压圆成形良好，在第二工位弯曲上模内装有弹顶器顶杆 11，以保证弯好的 U 形弯曲坯件稳稳地扣在下模模芯上。在第三工位压圆时，上模弹压成形，这是工件压圆模腔的一部分。在下一次冲压之前，送进的 U 形弯曲坯件，将冲制完成的工件推卸出模，并顺着模具上设置的出件口落入零件箱中。

3. 结构设计

无论是单作用驱动楔，还是双作用驱动楔，其主要尺寸均可按式（9-3）~式（9-6）计算。各种模具所使用的楔传动机构，其作用和结构各不相同。就图 9-18 所示模具而言，在设计时应注意以下几点：

1）压圆工位要求滑块给出足够的冲压力。设计时必须按工艺计算出压圆成形力，再考虑加上滑块摩擦力、弹簧推拉滑块使其复位的力，最后得出滑块的冲压力 F_S，而后可按式（9-3）求得楔的驱动力 F_T，即压力机传给楔的冲压力。

2）考虑楔端头的支承问题，以保证楔的稳定和力的平衡。一般可设置挡块或增加楔长度，以便利用模座支撑，见图 9-11 和图 9-14。对于受力大的楔，这一点尤为重要，特别是单作用驱动楔。

3）使用楔传动机构的冲模，手工送料安全性差，因此，推荐配用自动或半自动送料装置，增加操作安全性。如果没有送料装置配用，设计模具时，必须考虑在操作面一侧加安全防护栅，确保操作安全。

4）为使滑块工作平稳，滑块的长宽比小于 1. 5。当滑块宽度超过 300mm 时，应设计两个楔驱动。当有多个楔驱动一个滑块时，所有的楔必须同时动作，同时起作用，否则滑块就不能平稳工作。

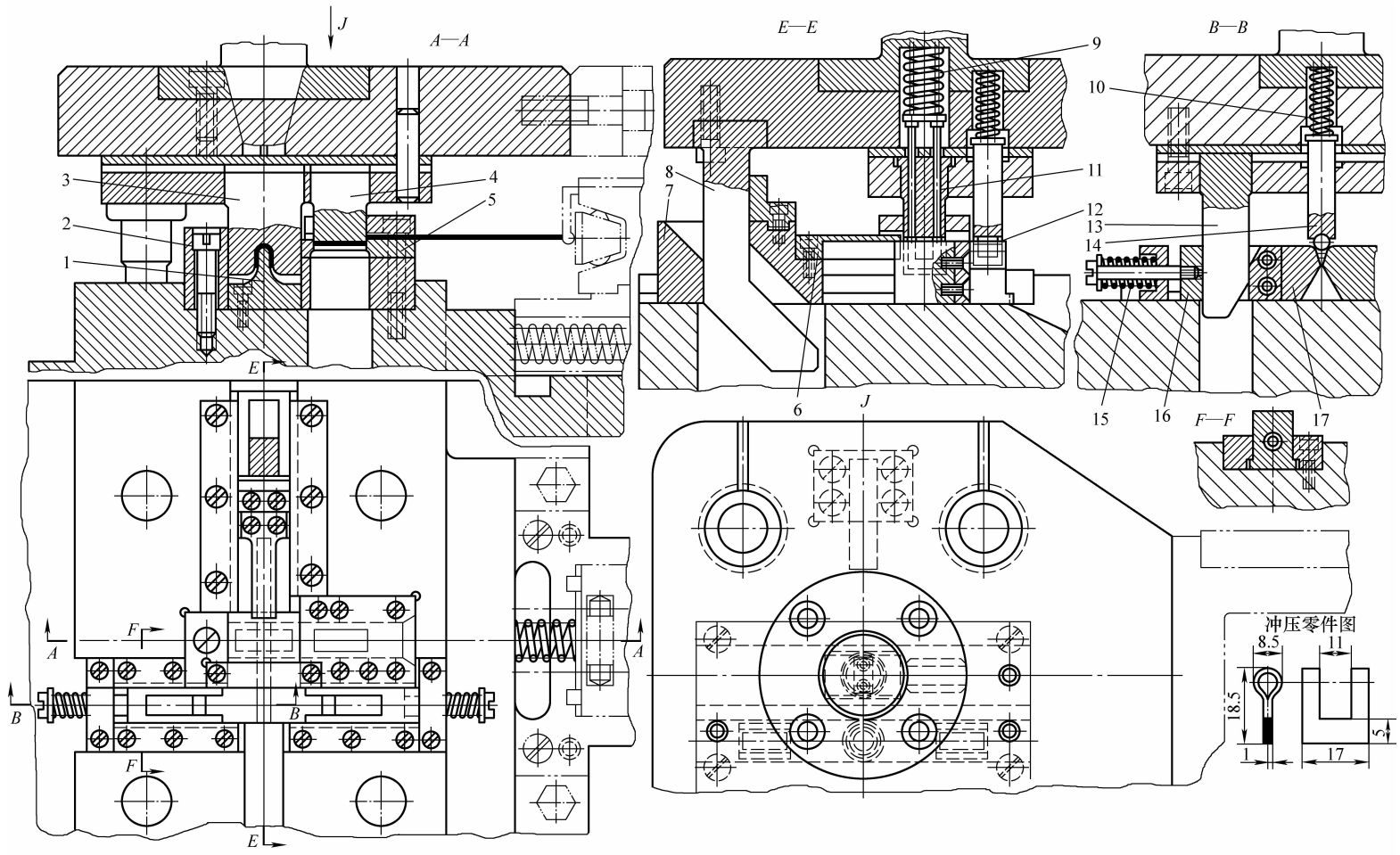


图 9 - 18　吊架全自动楔传动连续式复合模

1—弯曲凸模　2—挡料块　3—落料凸模与弯曲凹模（凸凹模）　4—冲孔凸模
5—冲孔凹模　6—推料板　7—滑块　8—双作用驱动楔　9、10、15—弹簧　11—顶杆
12—压圆模芯　13—单作用驱动楔　14—压圆凸模　16—楔滑块　17—成形凹模

9.6.5　仪表齿套楔传动连续式复合模结构设计

1. 结构设计

仪表齿套楔传动连续式复合模如图 9-19 所示。该冲模为冲孔、切开、压平、落料及内外缘复合翻边五工位连续式复合模。该模具采用对角导柱模架、凹形侧刃与侧刃挡块组成的进距限位装置；采用压力弹簧和拉力弹簧，分别对滑块进行弹性复位的两组单作用驱动楔传动机构，完成互相垂直的水平面上两个动作，即实施送料和卸件作业。该模具模体采用多层

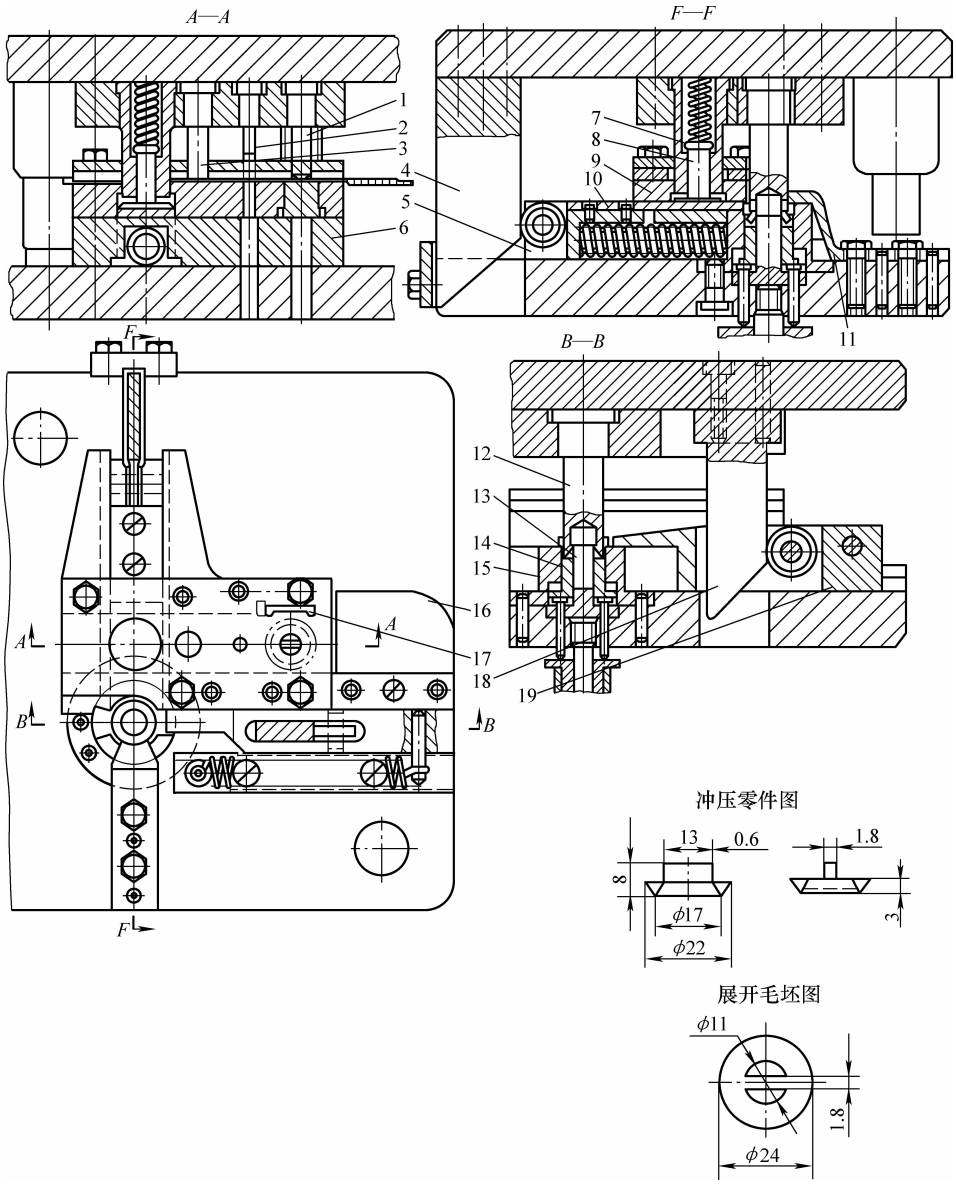


图 9-19　仪表齿套楔传动连续式复合模

1—冲月牙孔凸模　2—切开凸模　3—压平凸模　4、18—楔　5、15、19—楔滑块　6—垫板
7—落料凸模　8—顶件校平器　9—主凹模　10—滑块推板　11—卸件爪
12—翻边凸模　13—内孔翻边凸模　14—顶件器　16—承料板　17—侧刃

重叠式结构，五工位采取 L 形布置。下模最上面上层为固定式卸料板，第二层主体为整体式冲裁凹模。冲月牙孔、切开、压平及落料四工位凹模，均布置在主凹模 9 上。落料凸模 7 冲出的展开坯件由顶件校平器 8 顶出，落在滑块推板 10 上并校平。当上模回程后展开坯件，由于顶件校平器 8 和滑块推板 10 分别离去而落在楔滑块 5 平板上。在上模下行冲压前，滑块推板 10 由楔 4 驱动，将展开坯件准确送入第五工位，即内孔翻边凸模 13 上，进行最后的内外缘复合翻边冲压。完成工件由顶件器 14 顶出凹模，由卸件爪 11 从凸模上将工件卸下，而后由另一组楔传动机构楔 18 和楔滑块 19 将工件推卸出模，落入零件箱中。后一组楔传动使用拉力弹簧使楔滑块 19 复位，前一组楔传动使用压力弹簧使楔滑块 5 复位。

2. 动作原理及过程

生产中使用宽 26mm 的 H68 黄铜带，由辊式或夹持式送料装置将带料送入模具。带料在承料板 16 上，进入模具导料槽至侧刃 17 的挡块处被阻，上模下行进行第一工位作业，冲两个并排的月牙孔。待上模开启后，材料再送进一个进距约 26mm，此时在第一工步中冲好的月牙孔到达第二工位，上模下行，完成两个月牙孔的中间窄带的等分切开作业。第二进距在第一工位同时完成冲月牙孔。材料第三进距送进至第一工位的同时，已完成切开作业的第一进距材料被送至第三工位，压平凸模 3 将在第二工位切开弯曲部分压平，同时分别在第一工位完成冲月牙孔，第二工位完成切开作业。第四进距送进后，第一进距的带料已到达第四工位，在主凹模 9 与落料凸模 7 配对的刃口处进行落料。落料下来的展开坯件有微弯，由顶件校平器 8 对其校平。待上模回程后，同时楔 4 上升，楔滑块 5 上的滚轮沿楔斜面由压力弹簧推动，使楔滑块复位；滑块推板 10 随滑块后退复位被拉出，展开坯件便落在滑块推板 10 下边的平板上。待上模再次下行，冲下一个进距上的展开坯料之前，楔滑块 5 由于下行楔 4 的驱动便压缩压力弹簧，同时带动滑块推板 10，将校平过的展开坯件，送入翻边凸模 12 的第五工位上，进行内外缘复合翻边冲压。冲制完成的工件，在上模回程时，楔 18 上行，沿其端部斜面与楔滑块 19 上的滚轮脱开。拉力弹簧通过装在楔滑块上的销子，将楔滑块拉回原位，使楔滑块端头的推板将冲好的冲件推出模具，落入零件箱中。当上模下行时，楔 18 头部斜面先接触楔滑块 19 上的滚轮，利用斜面将楔滑块推开，拉力弹簧受拉，滑块推板离开翻边凸模 12，而后上模到达冲压位置进行冲压。

9.6.6　表芯齿座楔传动送料与出件连续式复合模结构设计

1. 结构设计

图 9-20 所示为表芯齿座零件及其模具。该冲模为冲孔、落料、拉深三工位连续式复合模。使用后侧导柱模架、压入式模柄，由双作用楔及其配对的滑块组成的楔传动机构（共两组），在平面上呈 120°分置于模具左、后两侧，承担拉深展开坯件的推送及冲完工件的推卸动作（两动作均在水平的、与冲压方向垂直的方向）。其中，楔 12 和滑块 13 组成的双作用楔传动机构，完成推送第二工位落料下来的拉深坯到第三工位；楔 5 与推板 4 组成的双作用楔传动机构，则承担把拉深出模的工件推卸出模具。该模具实际上是由三层模板组成。第一层是固定卸料板及导料板构成的导料槽；第二层是冲裁凹模，包括冲孔、侧刃、落料三个模孔，布置在一个整体凹模上；第三层是拉深凹模及与它在一个平面上的双作用驱动楔配对用滑块。原材料的送进限位是使用平形侧刃。楔 5 与楔 12 都是双作用楔，利用本身的斜面结构对滑块执行强制复位。为保

证操作者人身安全，模具面对操作位置的一面安装了防护栅。从工艺需要出发，考虑落料后展开坯件会出现微弯，故在落料凸模 10 中装有弹顶校平器 9，对落料下来的展开坯件弹压校平。拉深好的工件由弹顶器 6 顶出凹模。

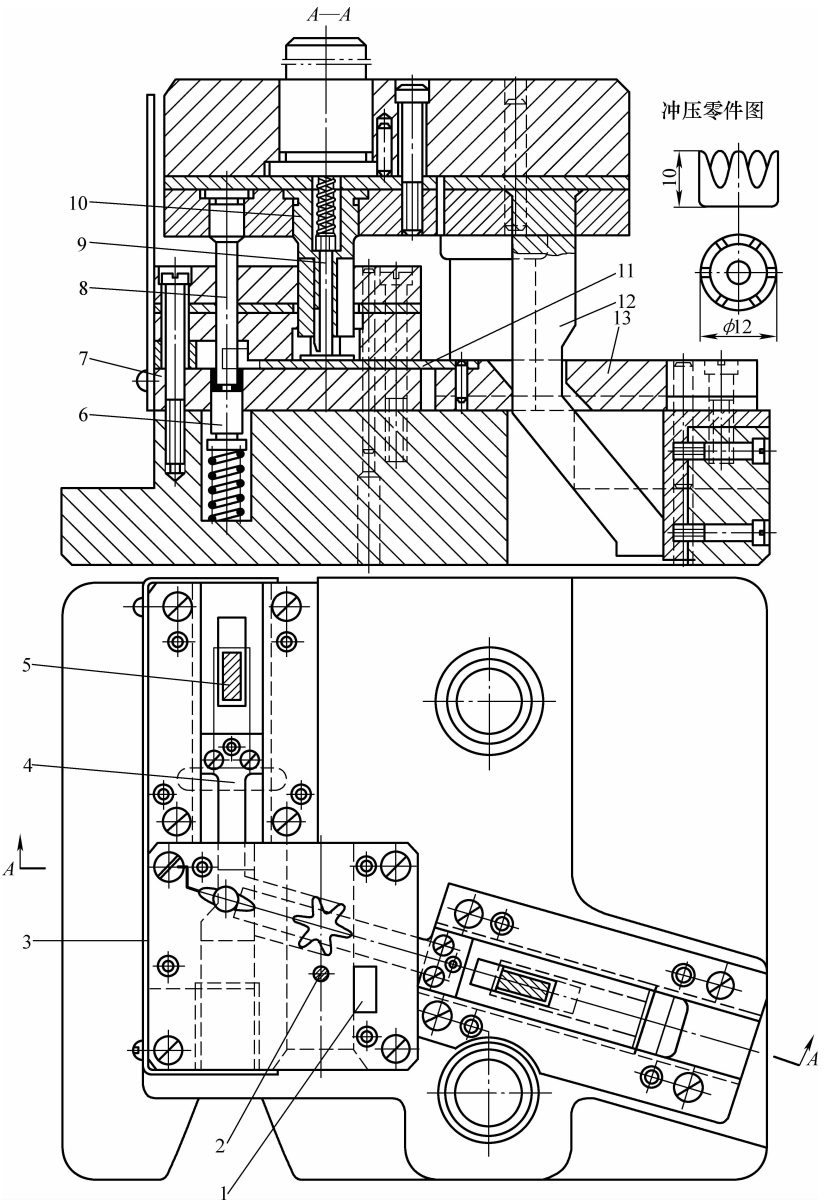


图 9-20　表芯齿座楔传动送料与出件连续式复合模

1—侧刃　2—冲孔凸模及凹模　3—安全防护栅　4、11—推板　5、12—楔　6—弹顶器
7—拉深凹模　8—拉深凸模（带导正销头）　9—弹顶校平器　10—落料凸模　13—滑块

2. 动作原理与过程

该冲模可配备通用送料装置进行连续自动冲压，也可手工送料间断生产。当使用成卷带料时，如能配用自动送料装置，将可大大提高冲压生产率。其动作全过程是：首次送进带

料，第一进距至侧刃内边，因入口料宽未经侧刃切边，稍宽而被挡在侧刃内边下导料板处，上模下行完成冲内孔作业。二次送进第二进距材料，送至第一工位冲孔位置的同时，在第一工位已冲孔的第一进距被送到第二工位进行落料。为确保落料件平整，克服微弯与拱起，落料凸模 10 中特设置一个弹顶校平器 9，利用落料凸模 10 上部的压力弹簧，将冲出的展开坯件紧紧压在滑块 13 的推板 11 上，并进行校平。当上模回程上行时，推板 11 随滑块后移，使冲出并已校平的展开坯件落到拉深凹模 7 表面。在上模下行冲压的初始阶段，楔 12 即利用本身的斜面驱动滑块 13 向拉深凹模口移动，推板 11 将展开坯件推入拉深凹模口，即第三工位，进行拉深。为了准确定位，除在拉深凹模口送料方向尽头设挡料块之外，拉深凸模头部还制有导料销头，以便在拉深作业之前，利用展开坯件在第一工位冲出的中心圆孔，将坯件准确定位后再拉深。拉深好的工件由弹顶器 6 顶出凹模，由固定卸料板将工件从拉深凸模 8 上卸下。在上模回程的初始阶段，楔 5 利用本身与楔 12 相反的动作，驱动滑块上的推板 4，将工件从模面上推卸出模具，并从送料口旁的漏件口落入零件箱。当上模转入下行进行冲压的初始阶段时，楔 5 又会利用本身的斜面，使滑块带着推板 11 复位，而后上模才开始新的一次冲压。

3. 楔传动机构设计与计算

（1）特点分析　模具中所用的两组双作用楔传动机构的动作和作业条件是相同的，而且结构也基本相同：都是用楔驱动滑块，并由滑块带动推板去执行推卸（送料）任务，而且推板（实际是滑块）的行程 W_S、驱动楔行程 W_T、楔斜角及结构形状都一样。但其动作时间及方向却截然不同。楔 12 驱动滑块 13，使推板 11 在上模下行进行冲压的开始阶段，完成推送展开坯件后，上模才开始冲压；而楔 5 驱动滑块，让推板 4 在上模回程离开下模的初始阶段，完成推卸工件任务。因此，两个楔的安装位置正好相反。

双作用驱动楔实际上是两个结构参数完全相同、驱动同样滑块的两个相反动作方向的单作用驱动楔的组合，只需按单作用楔计算和设计各主要技术参数即可。对图 9-20 所示两组双作用楔而言，要求滑块给出的力很小，只要推板行程精准，能与各工位协调动作即可。因此，可按单作用驱动楔进行计算，只需在滑块与楔配对接触的斜面上，制出滑块复位斜面，并与楔推动滑块前进的斜面正好相反。

（2）主要参数的设计与计算　图 9-20 所示双作用驱动楔的主要参数计算如下：

1）斜楔角 β 与配对滑块角 α 值，可从图 9-5 中图算求得。当 $\theta=0°$ 时，β 角取标准值等于 40°，则 $\alpha=50°$。

2）驱动楔行程 W_T 可按式（9-4）计算求得。已知工艺及模具工位平面布置，要求滑块行程 $W_S=34.5\text{mm}$，则可得

$$W_T = W_S \frac{\sin(90° - \beta + \theta)}{\sin\beta} = 34.5\text{mm} \times \frac{\sin 50°}{\sin 40°} = 34.5\text{mm} \times \frac{0.766}{0.643} = 41.00\text{mm}$$

3）驱动楔的总长度 $L_{楔}$ 应按模具结构的实际需要，在确保安全、可靠的基础上，做到经济合理。已知落料凸模 10 总长度为 49mm，楔计算行程 W_T 为 41mm，冲件高 10mm，楔反向滞留空行程为 10～15mm，考虑模具空间余量为 6～10mm，故得

$$L_{楔} = [49 + 41 + 10 + (10 \sim 15) + (6 \sim 10)]\text{mm} = 116 \sim 125\text{mm}$$

实际采用 120mm。

4）楔与滑块的材料选择。可按冲模大小及斜楔承载力分别考虑。对于图 9-20 中斜楔与

滑块的材料推荐采用T7A、T8。工作条件恶劣、受力较大的斜楔及滑块，推荐选用CrWMn、Cr6WV，并淬硬至58～62HRC。

5）楔行程 W_T。可以用图9-5图算求得 W_T 值。在图9-5中，以 $\theta=0°$ 求得 β 标准值之后，再根据已知需要的滑块行程 W_S 求得 W_T。利用前面介绍的图算方法，可求得 $W_T\approx 41.5\text{mm}$。图算数值虽不如公式计算数值精确，但其误差不大，可以使设计楔使用误差在允许范围内。

参 考 文 献

[1] 张正修. 导板式冲模技术及应用［M］. 北京：机械工业出版社，2006.
[2] 涂光祺. 冲模技术［M］. 北京：机械工业出版社，2002.
[3] 张鼎承. 冲模设计手册［M］. 北京：机械工业出版社，2000.
[4] 王孝培. 实用冲压技术手册［M］. 北京：机械工业出版社，2002.
[5] 李天佑. 冲模图册［M］. 北京：机械工业出版社，1988.
[6] 杨玉英. 实用冲压工艺及模具设计手册［M］. 北京：机械工业出版社，2005.
[7] 周开华. 简明精冲手册［M］.2 版. 北京：国防工业出版社，2006.
[8] 万战胜. 冲压工艺及模具设计［M］. 北京：中国铁道出版社，1995.
[9] 薛启翔，等. 冲压模具设计制造难点与窍门［M］. 北京：机械工业出版社，2005.
[10] 杜东福. 实用板料冲模设计［M］. 北京：能源出版社，1990.
[11] 周大隽，等. 冲模结构设计要领与范例［M］. 北京：机械工业出版社，2006.
[12] 王新华，袁联富. 冲模结构图册［M］. 北京：机械工业出版社，2003.
[13] 丁松聚. 冷冲模设计［M］. 北京：机械工业出版社，1994.
[14] 张毅. 现代冲压技术［M］. 北京：国防工业出版社，1994.
[15] 涂光祺. 精冲技术［M］. 北京：机械工业出版社，2006.
[16] 王新华. 冲模设计与制造实用计算手册［M］. 北京：机械工业出版社，2003.
[17] 虞传宝. 冷冲压及塑料成型工艺与模具设计资料［M］. 北京：机械工业出版社，1992.
[18] 张正修. 导板式冲模设计中若干问题的探讨［J］. 机械工程师，1989（1）：2－5.
[19] 张正修. 凸模纵向弯曲自由长度计算的研讨［J］. 金属成形工艺，1988（2）：27－29.
[20] 张正修，马新梅，李欠娃. 多列排样连续模冲压工艺及模具［J］. 锻压机械，1999（5）：9－13.
[21] 张正修，马新梅，李欠娃. 冲压过程中的摩擦及润滑［J］. 锻压机械，2001（6）：5－8.
[22] 张正修，马新梅. 冲模维修存在的问题及对策［J］. 模具制造，2002（9）：22－27.
[23] 金涤尘. 现代模具制造技术［M］. 北京：机械工业出版社，2001.
[24] 张正修，马新梅，李欠娃，等. 提高冲模寿命的研讨［J］. 模具技术，1998（3）：40－45.
[25] 张正修，张镇，赵向珍. 冲模的失效及寿命［J］. 电加工与模具，2004（6）：30－36.
[26] 张正修，李欠娃，闻希. 健全冲模修理机制面临的问题和措施［J］. 锻压机械，2000（5）：1－6.
[27] 中国机械工程学会锻压学会. 锻压手册：第 2 卷［M］.2 版. 北京：机械工业出版社，2002.
[28] 张正修. 模具技术的现状与对策［J］. 中国模具信息，2001（11）：2－5.
[29] 张正修. 冲模制造工艺与冲模寿命的关系［J］. 国外金属加工，1998（5）：1－5.
[30] 张正修，张旭起. 连续式复合模及其冲压精度［J］. 模具技术，1997（5）：54－67.
[31] 张正修. 无搭边排样技术［J］. 机械工艺师，1998（11）：17－19.
[32] 张正修，李欠娃. 冲模的送料定位系统［J］. 锻压机械，2001（2）：26－30.
[33] 张正修，李欠娃. 侧刃的成形冲切［J］. 机械工艺师，1998（2）：13－15.
[34] 张正修，马新梅，李欠娃. 连续模工位间送进方式与结构设计［J］. 锻压机械，2000（3）：11－15.
[35] 张正修，张镇，闻希. 冲模制造工艺的对比与选择［J］. 锻压机械，1999（3）：3－7.
[36] 张正修，李欠娃，唐久. 连续模的送料系统及其设计［J］. 航空制造技术，2002（9）：47－57.
[37] 张正修，马新梅，李欠娃，等. 复合模与多工位连续复合模的类型、结构及设计［J］. 模具制造，2003（5）：12－17.
[38] 张正修，张镇，赵向珍. 冲裁模的合理寿命［J］. 模具制造，2004（10）：26－29.
[39] 张正修，张镇，赵向珍. 级进模排样设计［J］. 模具制造，2004（12）：26－29.

[40] 张正修，马新梅. 冲小孔模的结构设计［J］. 模具工程，2003（11）：21－27.
[41] 张正修，李欠娃，赵向珍. 模具制造工艺的进展［J］. 电加工与模具，2004 增刊：68－72.
[42] 张正修，张镇，赵向珍. 精冲技术的发展与推广面临的问题［J］. 模具工程，2006（1）：17－21.
[43] 张正修，张镇，赵向珍. 精冲技术的发展与应用［J］. 模具制造，2004（9）：30－34.
[44] 陈炎嗣. 冲压模具实用结构图册［M］. 北京：机械工业出版社，2009.
[45] Schmidt R A，Birzer F，HÖfel P. Hellmann M，et al. 冷成形与精冲：冷成形工艺、材料性能、零件设计手册［M］. 赵震，向华，庄新村，译. 北京：机械工业出版社，2008.
[46] 张正修，张旭起. 实用冲模设计结构手册［M］. 北京：化学工业出版社，2010.
[47] 张正修，张旭起. 多工位连续模典型结构图册［M］. 北京：机械工业出版社，2011.
[48] 张正修. 冲压技术实用数据速查手册［M］. 北京：机械工业出版社，2008.

◎本书从介绍各类冲模结构设计方法入手，跳出资料汇编的编写模式，以新的视角、丰富的实例，系统全面地介绍了冲模结构设计方法、要点及具体应用实例。

◎本书以剖析冲模典型结构实例为主线，介绍了从何处入手进行冲模设计及用什么方法设计冲模，并给出了设计要点提示。

◎本书主要作者张正修高级工程师从事冲压工艺及模具设计工作50余载，发表200多篇论文，编著出版了8本技术图书。

地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
社服务中心：010-88361066
销售一部：010-68326294
销售二部：010-88379649
读者购书热线：010-88379203
网络服务
教材网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952
封面无防伪标均为盗版

上架指导 工业技术／机械工程／模具
ISBN 978-7-111-46118-0
策划编辑◎陈保华

ISBN 978-7-111-46118-0
9 787111 461180
定价：89.00元